



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI – UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO
DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM
RESIDÊNCIAS E EMPREENDIMENTOS COMERCIAIS DO
MUNICÍPIO DE LAJEADO**

Mário Henrique Schossler

Lajeado, julho de 2018.

Mário Henrique Schossler

**ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO
DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM
RESIDÊNCIAS E EMPREENDIMENTOS COMERCIAIS DO
MUNICÍPIO DE LAJEADO**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Etapa II, do curso de Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Marcelo Freitas Ferreira.

Lajeado, julho de 2018.

Mário Henrique Schossler

**ESTUDO DE VIABILIDADE FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO
DE SISTEMAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM
RESIDÊNCIAS E EMPREENDIMENTOS COMERCIAIS DO
MUNICÍPIO DE LAJEADO**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, na linha de formação em Engenharia Civil, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil:

Prof. Marcelo Freitas Ferreira –
orientador
Universidade do Vale do Taquari –
Univates

Prof. Ivandro Carlos Rosa
Universidade do Vale do Taquari –
Univates

Prof. Rafael Mascolo
Universidade do Vale do Taquari –
Univates

Lajeado, julho de 2018.

RESUMO

O exponencial crescimento dos sistemas de geração de energia solar fotovoltaica nos últimos anos tem despertado o interesse dos mais diversos âmbitos da sociedade, visto que, concomitantemente, a iniciativa privada visa a obtenção de lucros, os consumidores mantêm seu foco nas vantagens financeiras e ambientais que o sistema promete, e a administração pública busca soluções para fomentar o mercado e contribuir para o crescimento da utilização dessa fonte renovável, a fim de minimizar os impactos ambientais e diversificar a matriz energética nacional. Com a falta de conhecimento técnico e financeiro por parte dos consumidores finais, principais beneficiários da geração própria de energia elétrica, e uma baixa exploração dos retornos obtidos com a utilização das tecnologias solares por parte das empresas, o mercado fotovoltaico acaba retardando seu crescimento, e o potencial solar brasileiro resulta por ser pouco explorado. Baseando-se nesse quadro, o estudo toma por objetivo avaliar a viabilidade financeira para implantação de sistemas de geração fotovoltaica de energia no município de Lajeado, utilizando, como base, valores de insolação e o consumo médio mensal por habitante estimados para a localidade. A pesquisa proposta é de caráter descritivo e exploratório, visto que os resultados apresentados e suas análises são quantitativos e qualitativos. Como amostra, foram originadas situações hipotéticas de geração de energia fotovoltaica *on-grid* (conectada à rede elétrica) e compensação de créditos em residências de um até dez habitantes, analisando-se todas as situações intermediárias, e em três empreendimentos comerciais, estes com consumo mensal estipulado a fim de superar o consumo residencial de energia. Para análise financeira, foram utilizados os métodos de *payback* simples, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno. Ao fim do estudo, os resultados obtidos apontaram para a viabilidade da instalação dos sistemas em edificações do município de Lajeado em todas as hipóteses verificadas, de forma que as análises apresentam melhoras na sua atratividade com o crescimento da demanda energética do consumidor ou do grupo de consumidores.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica. Energia renovável. Viabilidade financeira. Prazo de retorno.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aspecto visual de uma célula fotovoltaica confeccionada em silício monocristalino	21
Figura 2 – Aspecto visual de uma célula fotovoltaica confeccionada em silício policristalino.....	21
Figura 3 – Aspecto visual de uma célula fotovoltaica confeccionada em silício amorfo	22
Figura 4 – Conectores MC4	23
Figura 5 – Esquematização de uma associação de módulos fotovoltaicos com a utilização de diodos de <i>by-pass</i> e de fileira	24
Figura 6 – Sistema fotovoltaico conectado à rede em uma residência	25
Figura 7 – Radiação solar brasileira diária, média anual.....	27
Figura 8 – Insolação brasileira diária, média anual	28
Figura 9 – Gráfico representativo da matriz de energia elétrica brasileira	30
Figura 10 – Radiação média para o município de Lajeado no ano de 2014, com base em informações coletadas por um piranômetro	31
Figura 11 – Comparativo de três fontes para obtenção da radiação solar média mensal para a cidade de Lajeado	32
Figura 12 – Placa sinalizadora de segurança.....	36
Figura 13 – <i>Payback</i> simples para a situação 1	50

Figura 14 – <i>Payback</i> simples para a situação 2	52
Figura 15 – <i>Payback</i> simples para a situação 3	54
Figura 16 – <i>Payback</i> simples para a situação 4	56
Figura 17 – <i>Payback</i> simples para a situação 5	58
Figura 18 – <i>Payback</i> simples para a situação 6	60
Figura 19 – <i>Payback</i> simples para a situação 7	62
Figura 20 – <i>Payback</i> simples para a situação 8	64
Figura 21 – <i>Payback</i> simples para a situação 9	66
Figura 22 – <i>Payback</i> simples para a situação 10	68
Figura 23 – <i>Payback</i> simples para a situação 11	70
Figura 24 – <i>Payback</i> simples para a situação 12	72
Figura 25 – <i>Payback</i> simples para a situação 13	74
Figura 26 – Gráfico de variação do prazo de retorno das propostas.....	76
Figura 27 – Gráfico de variação do VPL das propostas	77
Figura 28 – Gráfico de variação da TIR das propostas	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características das células solares de acordo com seu material de fabricação.....	19
Tabela 2 – Matriz de energia elétrica brasileira.....	29
Tabela 3 – Irradiação solar diária para o município estudado, com base em interpolação realizada no software RADIASOL 2.....	33
Tabela 4 – Custo de disponibilidade de energia elétrica	34
Tabela 5 – Apresentação das situações simuladas	44
Tabela 6 – Verificação de consumo por habitante no município estudado	47
Tabela 7 – Custo de implantação de acordo com o consumo das situações.....	48
Tabela 8 – Fluxo de caixa da situação 1	49
Tabela 9 – Fluxo de caixa da situação 2	51
Tabela 10 – Fluxo de caixa da situação 3	53
Tabela 11 – Fluxo de caixa da situação 4	55
Tabela 12 – Fluxo de caixa da situação 5	57
Tabela 13 – Fluxo de caixa da situação 6	59
Tabela 14 – Fluxo de caixa da situação 7	60
Tabela 15 – Fluxo de caixa da situação 8	62
Tabela 16 – Fluxo de caixa da situação 9	64
Tabela 17 – Fluxo de caixa da situação 10	66

Tabela 18 – Fluxo de caixa da situação 11	68
Tabela 19 – Fluxo de caixa da situação 12	70
Tabela 20 – Fluxo de caixa da situação 13	72
Tabela 21 – Variação da relação investimento-retorno das propostas.....	74
Tabela 22 – Variação do prazo de retorno das propostas.....	75
Tabela 23 – Variação do Valor Presente Líquido das propostas.....	77
Tabela 24 – Variação da Taxa Interna de Retorno das propostas	78

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

BCB – Banco Central do Brasil

CA – Corrente alternada

CC – Corrente contínua

CIH – Centro de Informações Hidrometeorológicas da Univates

CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária

CONFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

DOU – Diário Oficial da União

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FEE – Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser

GWh – Gigawatt-hora

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS – Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços

kW – Quilowatt

kWh – Quilowatt-hora

kWh/m².dia – Quilowatt-hora por metro quadrado ao dia

kWp – Quilowatt-pico

LABSOL – UFRGS – Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

MDA – Ministério da Agricultura

MME – Ministério de Minas e Energia

NASA – *National Aeronautics and Space Administration* – Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço

NBM/SH – Nomenclatura Brasileira de Mercadorias / Sistema Harmonizado

ONUDI – Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial

PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PB – *Payback* simples – Retorno simples

PIB – Produto Interno Bruto

PIS – Programa de Integração Social

ProGD – Programa de Geração Distribuída

Proinfa – Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Eletricidade

PRONAF ECO - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

RGE Sul – Rio Grande Energia Sul

RS – Rio Grande do Sul

S/A – Sociedade Anônima

SEFAZ RS – Secretaria da Fazenda do Estado do Rio Grande do Sul

SELIC – Sistema Especial de Liquidação e de Custódia

Si-a – Silício amorfo

Si-m – Silício monocristalino

Si-p – Silício policristalino

TIR – Taxa Interna de Retorno

VPL – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa.....	15
1.2 Problema da pesquisa.....	15
1.3 Delimitações da pesquisa.....	15
1.4 Objetivos	16
1.4.1 Objetivo geral	16
1.4.2 Objetivos específicos.....	16
1.5 Estrutura do trabalho.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 O efeito fotovoltaico.....	18
2.2 Componentes de um sistema fotovoltaico <i>on-grid</i>	20
2.2.1 Painéis solares	20
2.2.1.1 Células de silício monocristalino (Si-m)	20
2.2.1.2 Células de silício policristalino (Si-p).....	21
2.2.1.3 Células de silício amorfo (Si-a).....	22
2.2.2 Inversores	22
2.2.3 Conectores MC4	23
2.2.4 Seguidores solares.....	24
2.2.5 Diodos.....	24
2.2.6 Sistema fotovoltaico <i>on-grid</i>	25
2.3 Potencial solar brasileiro	26
2.4 Matriz energética brasileira.....	28
2.5 Radiação solar no município de Lajeado – RS	31
2.6 Normas técnicas para conexão de minigeração e microgeração distribuída na rede elétrica	33

2.6.1 Consulta de acesso	34
2.6.2 Informação de acesso	35
2.6.3 Solicitação de acesso	35
2.6.4 Parecer de acesso	35
2.6.5 Vistoria e liberação de operação	35
2.6.6 Sinalização	36
2.7 Incentivos governamentais para implantação de energia solar fotovoltaica	36
2.7.1 Convênio nº 101/1997 – CONFAZ	37
2.7.2 Resolução Normativa nº 482/2012 – ANEEL	37
2.7.3 Resolução Normativa nº 687/2015 – ANEEL	37
2.7.4 Convênio nº 16/2015 – CONFAZ	38
2.7.5 Decreto Estadual nº 52.964/2016 – SEFAZ RS	38
2.7.6 Lei nº 13.169/2015 – Governo Federal	38
2.7.7 Programa de Geração Distribuída (ProGD) – Ministério de Minas e Energia (MME)	38
2.7.8 Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF ECO)	39
2.8 Modalidades de compensação coletiva de créditos	39
2.8.1 Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras	39
2.8.2 Geração compartilhada	40
2.8.3 Autoconsumo remoto	40
2.9 Métodos de análise da viabilidade econômica	40
2.9.1 Método do Valor Presente Líquido (VPL)	40
2.9.2 Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)	41
2.9.3 Método do <i>Payback</i> Simples (PB)	42
3 METODOLOGIA	43
3.1 Delineamento	43
3.2 Amostra	44
3.3 Critérios de inclusão	45
3.4 Critérios de exclusão	45
3.5 Instrumentos	45
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1 Análises preliminares	46
4.2 Verificação dos dados de consumo para o município de Lajeado	47
4.3 Análise de custos e tarifas	48
4.4 Dimensionamento e verificação das situações de cálculo	49
4.4.1 Situação 1	49
4.4.2 Situação 2	51

4.4.3 Situação 3	52
4.4.4 Situação 4	54
4.4.5 Situação 5	56
4.4.6 Situação 6	58
4.4.7 Situação 7	60
4.4.8 Situação 8	62
4.4.9 Situação 9	64
4.4.10 Situação 10	66
4.4.11 Situação 11	68
4.4.12 Situação 12	70
4.4.13 Situação 13	72
4.5 Análise comparativa	74
4.5.1 Relação investimento-retorno	74
4.5.2 Payback simples	75
4.5.3 Valor Presente Líquido	76
4.5.4 Taxa Interna de Retorno	77
5 CONCLUSÃO	79
REFERÊNCIAS	81
ANEXOS	87
ANEXO A – Formulário para registro de micro e minigeração	88
ANEXO B – Formulário de solicitação de acesso para microgeração distribuída com potência inferior a 10kW	89
ANEXO C – Formulário de solicitação de acesso para microgeração distribuída com potência superior a 10kW	90

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia elétrica por meio da luz solar tem se desenvolvido exponencialmente nos últimos anos. A abundante disponibilidade de recursos e incentivos governamentais e a fácil utilização deles para conversão de energia por meio de células fotovoltaicas são agravantes positivos para esse desenvolvimento e a viabilidade financeira tem, a cada dia mais, atraído a atenção de empresas, visando altos lucros em um setor com constantes avanços tecnológicos e ainda em ascensão (MAIA, 2018). Com a hipossuficiência dos consumidores em relação à iniciativa privada, é perceptível a falta de conhecimento desses em relação à viabilidade dos sistemas que lhe são comercialmente disponibilizados.

Com um crescimento estimado em 70% no setor de energia solar entre os anos de 2016 e 2017, tendo 90% dos sistemas existentes até este ano entrado em funcionamento no mesmo período (ORDOÑEZ, 2017), e com o fato de que no país há uma abundância de recurso solar e de matéria prima maior do que a de países onde essa fonte energética apresenta liderança de mercado (CABRAL; TORRES e SENNA, 2013), é visível o enorme e ainda pouco explorado potencial brasileiro para geração de energia fotovoltaica, principalmente no estado do Rio Grande do Sul, onde os índices de radiação e desenvolvimento se unem, criando um grande atrativo ambiental, comercial e industrial.

Com base nesse quadro, o presente estudo verifica a viabilidade da implantação de sistemas de geração de energia fotovoltaica na cobertura de residências familiares, de acordo com a quantidade de moradores, e de empreendimentos comerciais, no município de Lajeado. O trabalho apresenta os

principais componentes de um sistema fotovoltaico *on-grid* (conectado à rede distribuidora) e suas etapas de estudo, projeto e implantação.

1.1 Justificativa

Em um contexto em que o desenvolvimento consciente se mostra cada dia mais necessário, a rentabilidade financeira de projetos com eficiência tecnológica e ambiental ganha destaque e é vista como fator determinante para o crescimento ou abandono industrial de uma nova tecnologia construtiva. Nesse sentido, estudos de viabilidade da integração de sistemas de aproveitamento ambiental na construção civil são primordiais para a continuidade do crescimento do setor com uma visão alternativa e racional (CABRAL; VIEIRA, 2012).

Abordando os sempre atuais preceitos da sustentabilidade, o aproveitamento dos recursos naturais apresenta um desenvolvimento surpreendente dentro dos setores da construção civil nos últimos anos, tendo em vista que a adesão de uma gestão com responsabilidade socioambiental tem se mostrado diretamente proporcional à rentabilidade de uma empresa ou setor (GOLDEMBERG; LUCON, 2008). Dessa forma, a presente pesquisa justifica-se pela atual necessidade em estudar o retorno financeiro dos sistemas de aproveitamento da energia solar fotovoltaica, aliando-o à rentabilidade ambiental a curto e longo prazo e, assim, contribuindo com o crescimento da exploração dessa fonte de energia ampla, limpa e inesgotável.

1.2 Problema da pesquisa

É financeiramente viável a implantação de sistemas de geração de energia fotovoltaica interligados à rede em residências familiares e empreendimentos comerciais no município de Lajeado - RS?

1.3 Delimitações da pesquisa

Em relação à amostra, o presente trabalho se limita pela região e metodologia de abordagem, representando um estudo específico de residências e comércios estabelecidos na zona urbana do município de Lajeado – RS, e atendidos pela

distribuidora Rio Grande Energia Sul (RGE SUL), devendo-se ressaltar a possibilidade de distinção nos valores tarifários para regiões do município não inseridas na pesquisa.

Para a coleta de dados e simulação de adoção dos sistemas nas edificações utilizadas como amostra, deve-se considerar possíveis alterações nos valores de implantação da tecnologia construtiva, ainda que sejam utilizadas simulações orçamentárias desenvolvidas por um portal especializado e com referência nacional, a fim de ampliar a confiabilidade dos resultados.

As simulações realizadas consideram a realização do investimento em uma única parcela (momento zero do fluxo de caixa), desconsiderando elementos relacionados à possível adoção de financiamentos para a implantação dos sistemas, tais como: divisão do investimento em parcelas e juros.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade financeira da implantação de sistemas de geração de energia fotovoltaica conectados à rede em residências familiares e em empreendimentos comerciais localizados no município de Lajeado – RS.

1.4.2 Objetivos específicos

- Conceituar o sistema de geração de energia fotovoltaica e estudar seus componentes e funcionamento;
- Traçar um perfil característico da energia consumida no Brasil e suas fontes.
- Verificar o potencial de produção de energia solar no município estudado, por meio dos seus dados de irradiação;
- Identificar os incentivos governamentais existentes para a implantação de sistemas fotovoltaicos interligados à rede elétrica;
- Delimitar as sistemáticas de análise de viabilidade financeira utilizadas na etapa de conclusão da presente pesquisa;

- Apurar o consumo energético mensal médio por habitante no município de Lajeado – RS.
- Realizar simulações orçamentárias para implantação de sistemas fotovoltaicos em treze situações hipotéticas de geração de energia fotovoltaica *on-grid* e compensação de créditos.
- Apurar a viabilidade financeira das situações projetadas, verificando o prazo de retorno do investimento, por meio do cálculo do *payback* simples, e a exequibilidade dos investimentos, por meio dos cálculos do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR).
- Identificar as modalidades de geração de energia elétrica que possuem o melhor retorno e a maior viabilidade para o consumidor.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho é dividido em cinco capítulos principais, sendo eles: introdução, referencial teórico, metodologia, resultados e discussão e conclusão.

O capítulo de introdução apresenta os principais tópicos referentes à justificativa, à sistemática e aos objetivos da presente pesquisa, apontado também o delineamento das amostras.

No capítulo de referencial teórico, são apresentados os principais componentes relativos ao funcionamento de sistemas fotovoltaicos *on-grid*, bem como as informações relacionadas ao potencial solar da região estudada, às normativas técnicas para adoção dos sistemas e aos incentivos governamentais existentes.

O terceiro capítulo da presente pesquisa descreve a metodologia utilizada para obtenção dos dados e os critérios para inclusão ou exclusão de amostras, assim como os instrumentos utilizados.

Os capítulos 4 e 5 apresentam, respectivamente, os resultados obtidos nas análises realizadas e a conclusão alcançada, alvitando-se ações com o intuito de ampliar a viabilidade das situações propostas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O efeito fotovoltaico

Descoberto pelo físico Alexandre Edmond Becquerel, em 1839, observando a capacidade de produção de corrente elétrica por alguns materiais quando expostos à luz, o fenômeno do efeito fotovoltaico ocorre na estrutura de materiais com características intermédias entre as de um condutor e as de um isolante, conhecidos como semicondutores. As células fotovoltaicas produzem energia por meio da constante agitação de elétrons, gerada pela incidência de luz, em um circuito elétrico, sem que ocorra o seu armazenamento (DO NASCIMENTO, 2004).

Villalva (2010), explica, por meio de uma metodologia mais didática, que o funcionamento do sistema está relacionado com a incidência solar nos módulos fotovoltaicos, onde os fótons devem possuir energia suficiente para criar uma excitação dos elétrons do material semicondutor empregado na produção das placas e, conseqüentemente, gerar uma corrente elétrica no circuito fechado. Basicamente, o painel fotovoltaico absorve a luz solar e a transporta, convertendo, em função do material que é empregado, o potencial de luminosidade em energia elétrica.

De acordo com Campos *et al* (2010), o material semicondutor mais utilizado na produção de células fotovoltaicas é o silício, segundo material mais abundante do planeta Terra, sendo ele explorado sob diversas formas, destacando-se o monocristalino, o policristalino e o amorfo. A maior eficiência energética considerando toda a cadeia de produção se dá com a utilização do silício amorfo, por se tratar de

um filme fino e, assim, necessitar de uma menor quantidade de energia na fabricação das células.

Ghensev (2006), reforça a predominância do silício, afirmando que a produção em larga escala de painéis solares mantém seu foco em dois materiais específicos, o Silício amorfo (Si-a) e o Silício Cristalino, sendo este utilizado na forma Policristalina (Si-p) e Monocristalina (Si-m).

Conforme Esposito e Fuchs (2013), cerca de 80% dos painéis fotovoltaicos produzidos e comercializados no mundo utilizam o silício cristalino como matéria prima, dominando o mercado atual, em que os painéis de filmes finos apresentam uma parcela que representa menos de 20% das vendas dessa tecnologia. A Tabela 1 apresenta as características das células fotovoltaicas produzidas em silício.

Tabela 1 – Características das células solares de acordo com seu material de fabricação.

Tipo de silício	Rendimento em laboratório	Rendimento comercial	Características	Fabricação
Monocristalino	24%	15 - 18%	Geralmente possuem coloração azul homogênea e as células são conectadas entre si	É obtido por meio da fundição do silício puro, posteriormente contaminado com boro.
Policristalino	19 - 20%	12 - 14%	Superfície estruturada por muitos cristais, apresentando diversas tonalidades de azul.	Mesma fabricação do silício monocristalino, porém com um menor do número de fases.
Amorfo	16%	< 10%	Possui coloração marrom homogênea, sem apresentar uma conexão visível entre as células.	O material é depositado em camadas muito finas sobre substratos, como plástico e vidro.

Fonte: Do autor, adaptado de (OYARZO; MANCILLA, 2006).

2.2 Componentes de um sistema fotovoltaico *on-grid*

2.2.1 Painéis solares

A composição de um painel solar se dá com a conexão de várias células fotovoltaicas que, após interligadas, resultam em um significativo aumento na capacidade de produção de energia elétrica do módulo solar e são o local de ocorrência do efeito fotovoltaico (HERMANN; CAMARA, 2016).

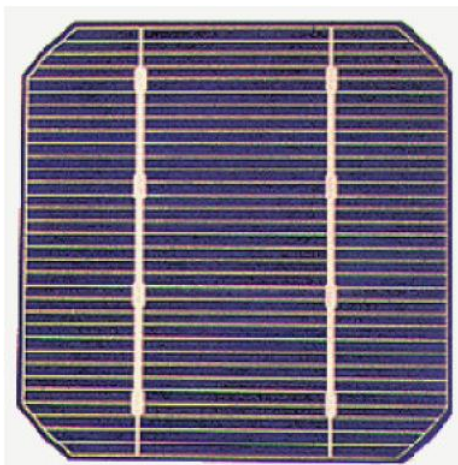
Segundo Shayani; Oliveira e Camargo (2006), esses painéis fotovoltaicos possuem a maior expectativa de vida útil do sistema, chegando a 30 anos quando conectados à rede distribuidora, em relação aos demais componentes que possuem garantia de eficiência até o décimo ano de seu ciclo de funcionamento e devem ser dimensionados considerando sua substituição no decorrer da vida útil do sistema.

Ainda que a vida útil estimada supere este prazo, os módulos solares fotovoltaicos têm, atualmente, garantia de funcionamento de 25 anos, concedida pelos fabricantes dos equipamentos (MACHADO; MIRANDA, 2014).

2.2.1.1 Células de silício monocristalino (Si-m)

Representam a maior parcela de produção de painéis fotovoltaicos, em que cerca de 60% das células são produzidas em silício monocristalino em função da sua uniformidade molecular, por se tratar de um único cristal, e da consequente potencialização do efeito fotovoltaico na utilização deste material. Ainda que atinja cerca de 24% em laboratório, seu rendimento é reduzido para aproximadamente 15% em campo (CASTRO, 2007). A Figura 1 representa o aspecto visual de uma célula de silício monocristalino.

Figura 1 – Aspecto visual de uma célula fotovoltaica confeccionada em silício monocristalino.

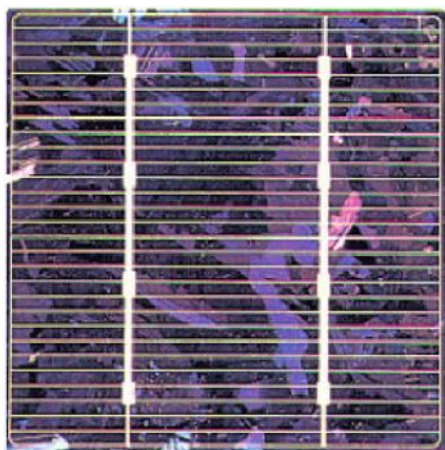


Fonte: (FREITAS, 2008).

2.2.1.2 Células de silício policristalino (Si-p)

Conforme do Nascimento (2004), células de silício policristalino são produzidas por meio de um processo de fusão do silício em sua pureza, em que ele é fundido em moldes e esfria lentamente, solidificando-se. Sua estrutura é formada por um grande número de minúsculos cristais e sua formação molecular dificulta a agitação dos elétrons, o que reduz o seu rendimento prático para cerca de 12%. A Figura 2 representa o aspecto visual de uma célula de silício policristalino.

Figura 2 – Aspecto visual de uma célula fotovoltaica confeccionada em silício policristalino.

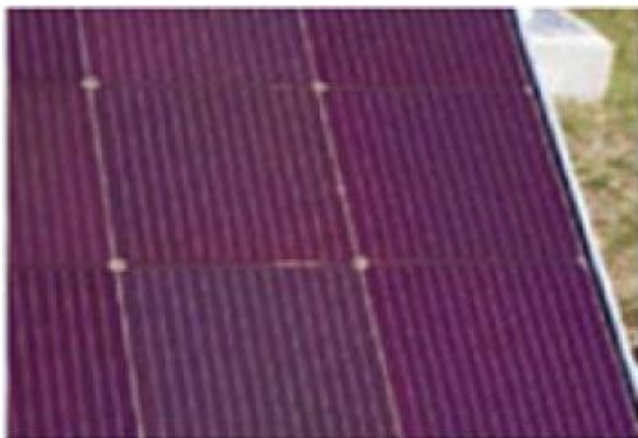


Fonte: (FREITAS, 2008).

2.2.1.3 Células de silício amorfo (Si-a)

Alonso; García e Silva (2013), em uma revisão realizada pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI), afirmam que células solares de silício amorfo possuem um processo de fabricação simplificado e um rendimento menor que o dos painéis cristalinos, em função da desordem na organização dos átomos e na maior dispersão da estrutura molecular, quando comparada aos modelos cristalinos. Por sua menor espessura, os painéis são classificados como filmes finos. Células de silício amorfo são muito utilizadas em pequenos produtos, tais como: relógios e calculadoras. Essas células apresentam melhores desempenhos quando expostas a altas temperaturas, em função da sua melhor reação à luz difusa e à fluorescente (FREITAS, 2008). A Figura 3 representa o aspecto visual de uma célula de silício amorfo.

Figura 3 – Aspecto visual de uma célula fotovoltaica confeccionada em silício amorfo.



Fonte: (FREITAS, 2008).

2.2.2 Inversores

Em sistemas *on-grid*, a corrente contínua (CC) gerada pela central fotovoltaica não pode ser fornecida diretamente à rede de distribuição, que trabalha com corrente alternada (CA). A conversão das correntes é realizada pelos inversores, que são os aparelhos responsáveis por aproximar as características da corrente produzida às da fornecida pela rede elétrica. O rendimento desses aparelhos é definido de acordo com a perda de energia que ocorre na conversão, em que os modelos mais eficientes do

mercado - com rendimentos superiores a 95% - devem sempre ser adotados, evitando assim perdas desnecessárias (BRANDÃO, 2009).

As perdas no rendimento de um inversor, denominadas perdas de autoconsumo, estão relacionadas com o seu funcionamento, sendo os maiores percentuais apresentados quando o inversor é submetido a um rendimento muito inferior à sua capacidade, ou seja, o superdimensionamento de um inversor pode ocasionar maiores percentuais de perda e contribuir para a inviabilidade do sistema. Valores típicos de perda de autoconsumo para inversores variam entre 1 e 4%, ao passo que os modelos de destaque disponíveis no mercado trabalham com aproveitamento energético acima de 99% (MACÊDO, 2006).

2.2.3 Conectores MC4

Com o intuito de facilitar a composição dos arranjos em série e em paralelo, utiliza-se, em sistemas fotovoltaicos, um conector específico, denominado conector MC4. O conjunto é composto por plugue macho e um plugue fêmea, que ampliam a praticidade e a agilidade nas instalações (LOSSIO, 2015). A Figura 4 ilustra os conjuntos de conectores MC4.

Figura 4 – Conectores MC4.



Fonte: (Villalva e Gazoli, 2012).

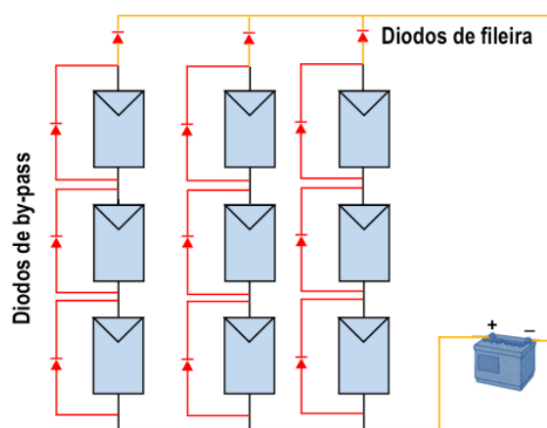
2.2.4 Seguidores solares

Conforme Oliveira (2008), seguidores solares são peças utilizadas para orientar os painéis fotovoltaicos para a direção de maior incidência de raios solares, com o intuito de permanecerem sempre voltados para a melhor posição conforme o dia, hora, azimute e declividade terrestre e, assim, amplificar o rendimento do sistema. Eles são alimentados com informações geográficas e/ou sensores ópticos e definem sua posição conforme a determinação de sistemas eletrônicos de gerenciamento. Sua aplicação é eletiva, sendo utilizados, geralmente, em instalações com características distintas das tradicionais.

2.2.5 Diodos

A utilização de diodos tem a finalidade de proteger os módulos fotovoltaicos e garantir seu pleno funcionamento, sendo os diodos *by-pass* (de desvio) utilizados para associações de placas em série, isolando uma placa avariada ou sem incidência solar a fim de evitar que todo o sistema seja comprometido. Este modelo de diodo é geralmente ligado em paralelo, desviando a corrente produzida pelos módulos que estão em funcionamento. Já os diodos de fileira são adotados com o intuito de evitar a inversão da corrente entre as fileiras e os eventuais curtos-circuitos. (CARNEIRO, 2010) A Figura 5 esquematiza a aplicação dos dois sistemas de diodos.

Figura 5 – Esquematização de uma associação de módulos fotovoltaicos com a utilização de diodos de *by-pass* e de fileira.

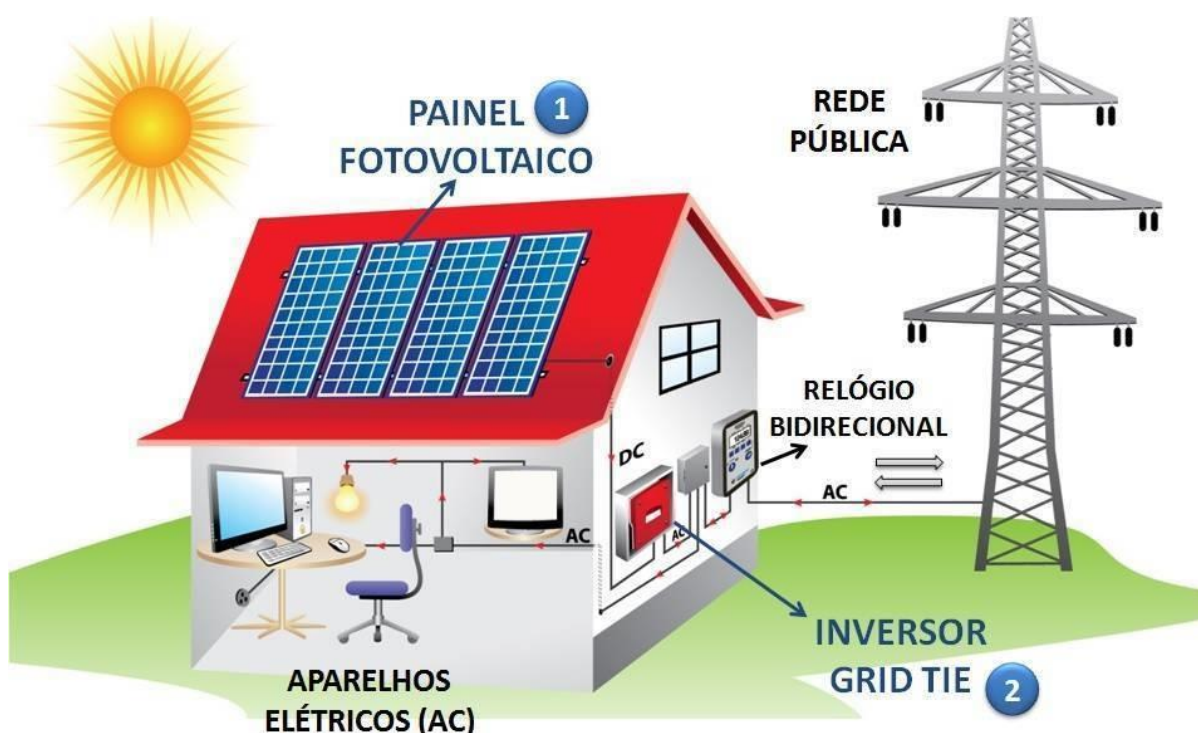


Fonte: (CARNEIRO, 2010).

2.2.6 Sistema fotovoltaico *on-grid*

Em sistemas conectados à rede distribuidora, a corrente contínua gerada pelos painéis fotovoltaicos instalados com face para o norte, geralmente no telhado das edificações, é transmitida para um inversor *grid-tie* (conectado à rede), que converte a corrente contínua gerada pelo circuito elétrico em corrente alternada, sistemática utilizada pelos dispositivos elétricos residenciais. A energia convertida é fornecida aos equipamentos da residência ao mesmo tempo que o excedente é disponibilizado à distribuidora, passando por um relógio de medição bidirecional. O medidor da concessionária registra a quantidade de energia gerada pelo sistema instalado na residência e o quantitativo por ela consumido, sendo a diferença entre os valores cobrada ou creditada pela distribuidora ao final de cada mês. (ZANOTTO, 2014). A figura 6 ilustra um sistema residencial *grid-tie*.

Figura 6 – Sistema fotovoltaico conectado à rede em uma residência.



Fonte: Portal Solar (2018).

2.3 Potencial solar brasileiro

Conforme Martins; Pereira e Echer (2004), o Brasil apresenta um grande potencial solar anual por possuir seu território maioritariamente localizado na zona intertropical, que é a zona mais quente do planeta. Os benefícios da utilização solar poderiam ser sentidos a longo prazo no país com a utilização de tecnologias que viabilizem o desenvolvimento de regiões de difícil acesso tecnológico e estrutural e com custos de distribuição elétrica convencional muito elevados. Uma maior adesão da tecnologia solar no Brasil representa uma considerável redução na emissão de gases poluentes na atmosfera terrestre.

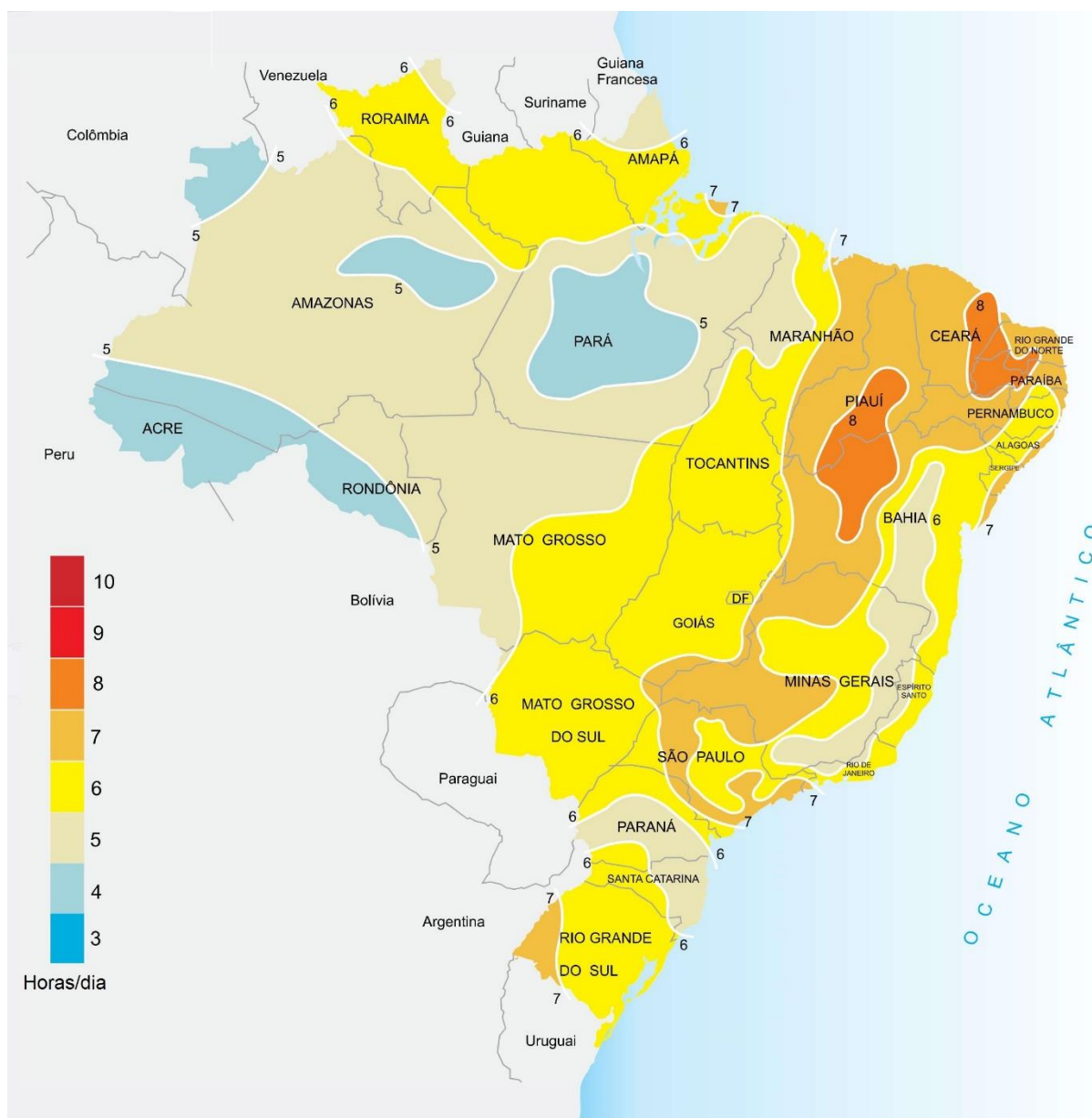
A radiação solar diária do Brasil apresenta valores médio anuais entre 14 e 20 kWh/m².dia, sendo o sul do país a região com menor representatividade solar, apresentando entre 14 e 16 kWh/m².dia na média anual. Ainda com uma baixa radiância da região em relação ao potencial nacional, o estado do Rio Grande do Sul apresenta um grande potencial solar para a geração de energia fotovoltaica em função da alta insolação diária incidente. (TIBA *et al.* 2001). As Figuras 7 e 8 apresentam a média anual da radiação solar brasileira e a média anual da insolação no país, respectivamente.

Figura 7 – Radiação solar brasileira diária, média anual.



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA *et al.* 2001)

Figura 8 – Insolação brasileira diária, média anual.



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil (TIBA *et al.* 2001).

2.4 Matriz energética brasileira

De acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2017), mais de 60% da energia consumida no Brasil é proveniente do potencial hidráulico, por meio de usinas hidrelétricas e pequenas centrais hidrelétricas. A energia fóssil – predominantemente o gás natural, com cerca de 8% deste potencial – é a segunda maior responsável pela geração nacional, atingindo aproximadamente 16,65%. Com pouco mais de 5% da energia sendo importada de países da América Latina, as

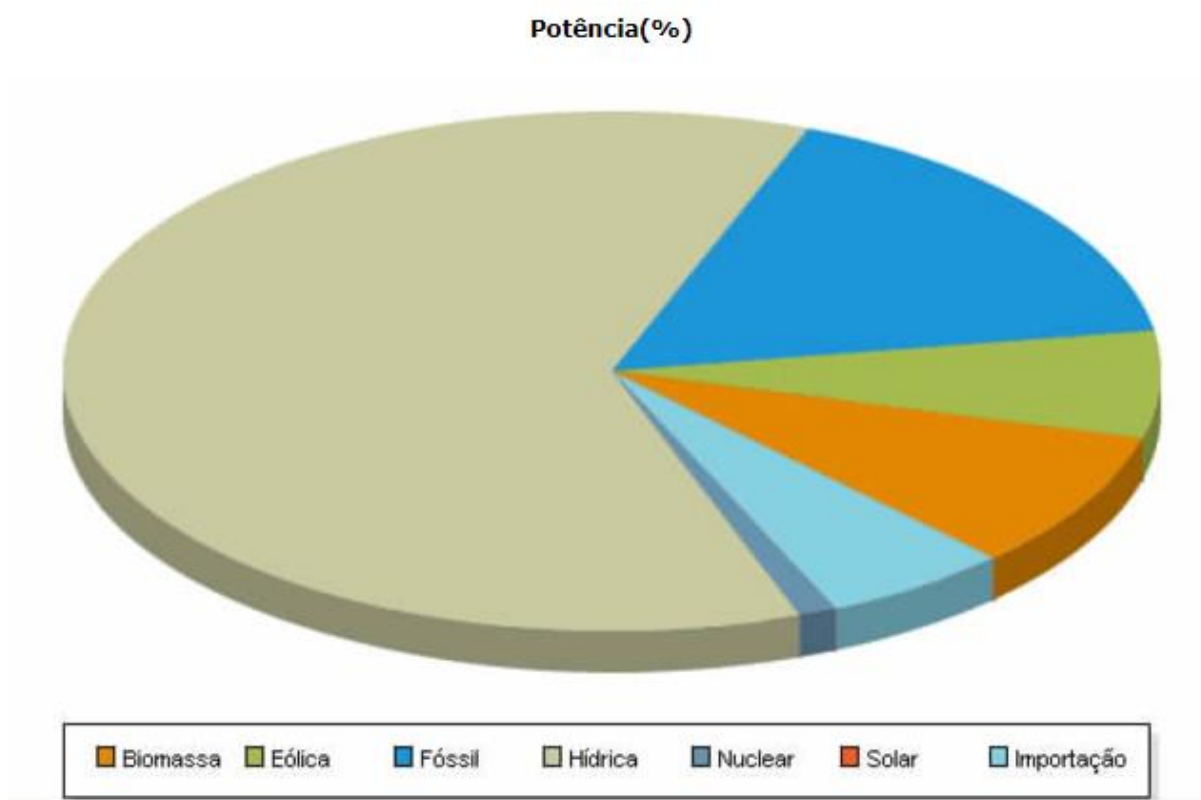
demais fontes de geração não atingem 17% do consumo energético interno, onde a capacidade de geração por radiação solar instalada chega a somente 0,109%. A Tabela 2 e a Figura 9 representam a matriz de energia elétrica brasileira.

Tabela 2 – Matriz de energia elétrica brasileira.

Fonte energética		Capacidade instalada		Total	
Origem	Fonte	kW	%	kW	%
Biomassa	Agroindustriais	11.168.915	6,904	14.131.966	8,736
	Biocombustíveis Líquidos	4.670	0,003		
	Floresta	2.830.418	1,75		
	Resíduos animais	4.439	0,003		
	Resíduos sólidos urbanos	123.524	0,076		
Eólica	Cinética do vento	10.982.243	6,789	10.982.243	6,789
Fóssil	Carvão mineral	3.731.995	2,307	26.932.377	16,65
	Gás natural	13.026.055	8,052		
	Outros fósseis	147.300	0,091		
	Petróleo	10.027.027	6,198		
Hídrica	Potencial hidráulico	99.382.661	61,44	99.382.661	61,44
Nuclear	Urânio	1.990.000	1,23	1.990.000	1,23
Solar	Radiação solar	176.234	0,109	176.234	0,109
Importação	Paraguai	5.650.000	3,493	8.170.000	5,051
	Argentina	2.250.000	1,391		
	Venezuela	200.000	0,124		
	Uruguai	70.000	0,043		
Total		161.765.481	100	161.765.481	100

Fonte: Do autor, adaptado de (ANEEL, 2017).

Figura 9 – Gráfico representativo da matriz de energia elétrica brasileira.



Fonte: (ANEEL, 2017).

Com a base da matriz energética brasileira predominantemente hidráulica, os novos modelos de geração de energia renovável ainda têm pouca representatividade quando comparados com a média mundial. A participação de fontes renováveis na matriz nacional tende a se expandir com o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Eletricidade (Proinfa), instituído pelo governo federal, como forma de lei, no ano de 2002. (GOLDEMBERG; LUCON, 2008).

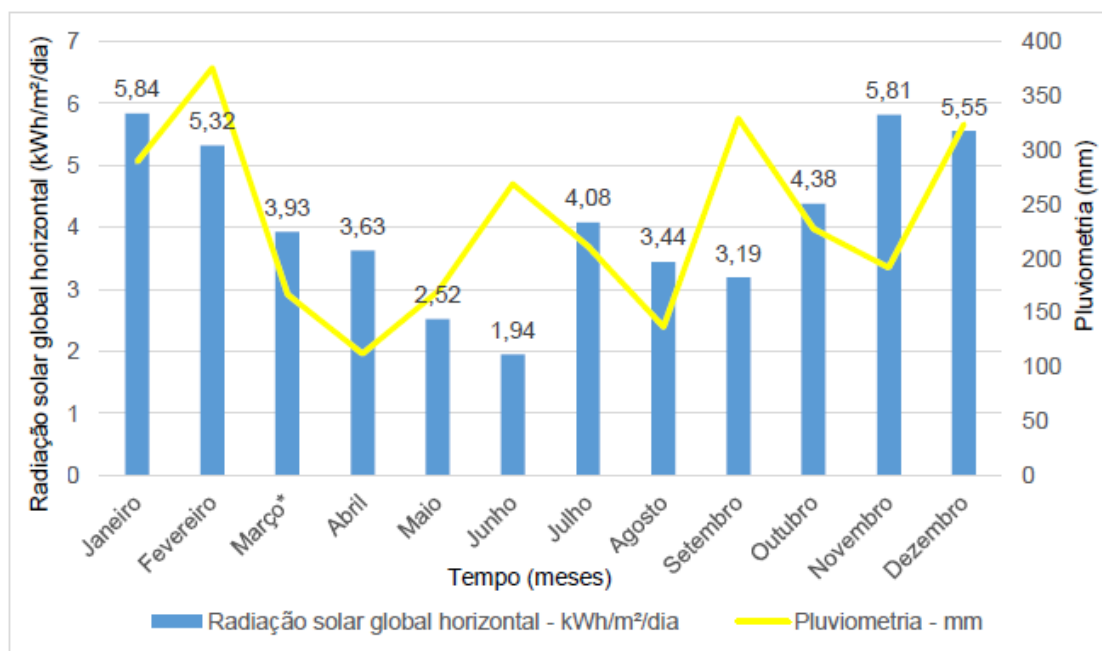
O Proinfa, de acordo com o decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004, é um programa, criado pelo Ministério de Minas e Energia, com o intuito de ampliar a participação de fontes alternativas na matriz energética. O programa incentiva empreendimentos que geram energia com base nas fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (MME, 2004). Apesar de não expandir os incentivos à produção de energia solar, o programa implantou uma nova visão renovável e diversificou a matriz energética brasileira (DUTRA; SZKLO, 2006).

De acordo com a projeção realizada por Bronzatti e Iarozinski Neto (2008), em função das inovações tecnológicas e da evolução do conhecimento, o custo de instalação por kWh da energia solar no Brasil tende a se aproximar do valor de implantação das energias eólica e hidráulica, o que viabiliza financeiramente a utilização dessa fonte em localidades com alta incidência solar.

2.5 Radiação solar no município de Lajeado – RS

Utilizando dados coletados pelo Centro de Informações Hidrometeorológicas (CIH) da Universidade do Vale do Taquari – Univates, Fontana (2015), fornece um valor médio de radiação solar no município de Lajeado – RS igual a 4,14 kWh/m².dia. Os dados foram obtidos com a utilização de um piranômetro, que diariamente faz leituras a cada trinta minutos, apresentando as informações de incidência solar e pluviométrica do local onde está instalado. A Figura 10 apresenta os dados coletados para o ano de 2014, pelo piranômetro instalado na UNIVATES.

Figura 10 – Radiação média para o município de Lajeado no ano de 2014, com base em informações coletadas por um piranômetro.



Fonte: (FONTANA, 2015).

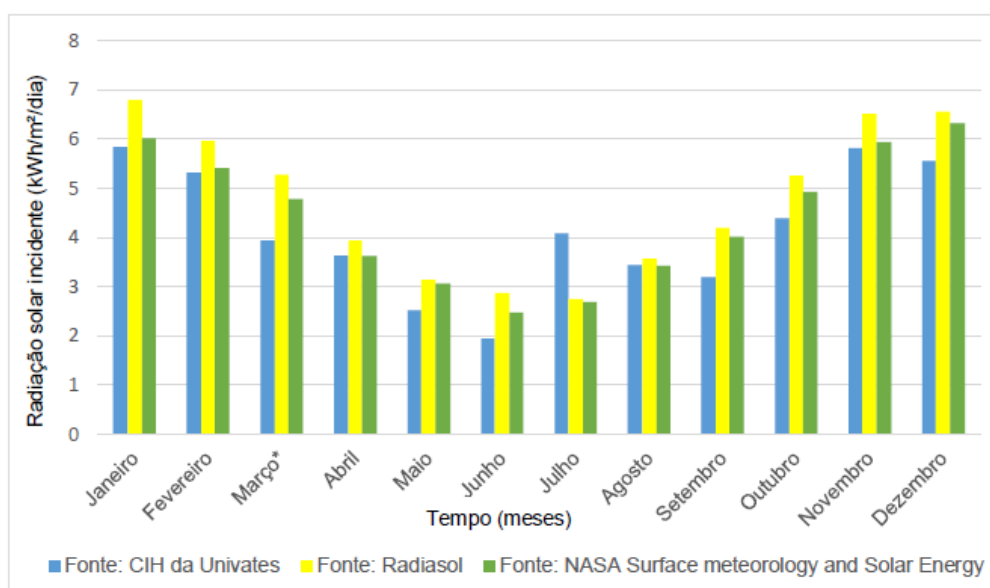
* Para o mês de março foram obtidas as informações de somente 29 dias, em função de uma manutenção realizada no equipamento medidor.

Kaufmann (2014), utilizando dados do *software* RADIASOL 2, desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LABSOL – UFRGS), obtidos no período entre os anos de 2007 e 2012, obtém o valor médio mensal de 4,11 kWh/m².dia, que muito se aproxima do resultado apresentado pelo piranômetro da UNIVATES.

Longo (2015), retoma os valores obtidos por Kaufmann (2014) e faz um comparativo utilizando os dados obtidos pelo *software* RADIASOL 2 e pelo CIH da UNIVATES. Os valores apresentados e adotados para a média mensal de radiação global horizontal são de 4,71 kWh/m².dia, o que, em função da pequena diferença apresentada, confirma a confiabilidade do aplicativo para adoção em análises de viabilidade no município de Lajeado.

Para o ano de 2014, Fontana (2015), ainda realiza uma consulta à *Surface meteorology and Solar Energy* da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), comparando os valores obtidos com as fontes tradicionais de consulta, anteriormente citadas. A verificação reforça a confiabilidade dos dados apresentados pelo aplicativo produzido pelo LABSOL – UFRGS, apesar da pequena variação em relação às demais fontes. A checagem é apresentada na Figura 11.

Figura 11 – Comparativo de três fontes para obtenção da radiação solar média mensal para a cidade de Lajeado.



Fonte: (FONTANA, 2015).

Com a confirmação de precisão dos valores apresentados pelo *software* desenvolvido pela UFRGS, foi adotada a sua utilização para uma análise atual, interpolando as informações das estações existentes com as das coordenadas geográficas 29° 28' 01" S, 51° 57' 39" O, que apontam para a área central do município. Os valores obtidos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Irradiação solar diária para o município estudado, com base em interpolação realizada no *software* RADIASOL 2.

Mês	Irradiação Média Global Horizontal (kWh/m².dia)	Irradiação Média com Inclinação de 24° (kWh/m².dia)
Janeiro	5,43	5,26
Fevereiro	5,7	5,8
Março	4,75	5,25
Abril	4,02	4,82
Maio	3,03	3,94
Junho	2,53	3,14
Julho	2,87	3,88
Agosto	3,3	4,08
Setembro	4,27	4,78
Outubro	5,28	5,53
Novembro	5,97	5,87
Dezembro	6,29	5,94
Média	4,45	4,86

Fonte: Do autor (2017), adaptado do *software* RADIASOL 2.

Verifica-se, portanto, um acréscimo de 9,21% na média da irradiação com uma inclinação de 24° em relação ao plano global horizontal, com grande similaridade aos 8,94% de melhora verificados por Fontana (2015) e aos 9,02% observados por Kaufmann (2014).

2.6 Normas técnicas para conexão de minigeração e microgeração distribuída na rede elétrica

De acordo com a Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL, são considerados microgeradores as centrais que possuem potência instalada não superior a 75 kW, sendo as geradoras de energia elétrica com potência instalada entre 75 kW e 3 MW denominadas minigeradoras. Os procedimentos de acesso para ambas

as situações são equivalentes e divididos em quatro etapas: consulta, informação, solicitação e parecer de acesso (ANEEL, 2012).

Conforme a Norma Técnica GED-13 – Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição, desenvolvida pela CPFL Energia (CPFL, 2018), são aplicados circuitos monofásicos em instalações com carga instalada de até 12 kW, bifásicos em edificações que superam essa carga e atingem até 25 kW, e trifásicos para as demais situações, com carga instalada de até 75 kW. A definição do tipo de sistema é realizada pela concessionária no ato da instalação, podendo o aumento de carga instalada ser solicitado pelo consumidor.

A Resolução ANEEL nº 414/2010 estabelece tarifas mínimas de fatura, independente do quantitativo de energia elétrica consumida, tais valores são referentes ao custo de disponibilidade pago à rede distribuidora e são definidos de acordo com o tipo de circuito do empreendimento (ANEEL, 2010), conforme disposto na Tabela 4.

Tabela 4 – Custo de disponibilidade de energia elétrica.

Tipo de circuito elétrico:	Tarifa mensal mínima:
Monofásico ou bifásico a dois condutores	30 kWh
Bifásico a três condutores	50 kWh
Trifásico	100 kWh

Fonte: do autor, adaptado de (ANEEL, 2010).

Dessa forma, fica impossibilitada a geração de energia com o intuito de zerar os valores mensais pagos à distribuidora.

2.6.1 Consulta de acesso

Conforme a RGE Sul (2017), a consulta de acesso representa o cadastro inicial do empreendimento que se tornará uma central geradora, junto à concessionária, sendo o cadastro realizado com o preenchimento de uma ficha com todos os dados técnicos pertinentes à conexão.

2.6.2 Informação de acesso

A informação de acesso representa a resposta da concessionária de energia à solicitação anteriormente realizada. O prazo máximo para a sua apresentação não pode exceder 60 dias (ANEEL, 2012).

2.6.3 Solicitação de acesso

A solicitação de acesso, conforme cartilha elaborada pela Aneel (2012), é um documento que deve ser preenchido pelo solicitante de conexão e entregue à empresa responsável pela distribuição de energia, sendo a concessionária responsável pelo processamento cronologicamente organizado desses documentos. Adjuntos à solicitação, devem ser entregues um formulário padronizado para registro (ANEXO A), um formulário de solicitação de acesso com potência inferior a 10 kW (ANEXO B) ou com potência superior a 10 kW (ANEXO C), Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e demais documentos relacionados ao projeto e à identificação do empreendimento (RGE SUL, 2017).

2.6.4 Parecer de acesso

Ainda conforme a RGE Sul (2017), o parecer de acesso é emitido pela concessionária como forma de documento oficial, apresentando as informações gerais, técnicas, comerciais e as responsabilidades de ambas as partes no fechamento do contrato. O prazo para sua emissão é de 15 dias após recebimento da solicitação nos casos em que não há necessidade de execução de melhorias e obras na distribuição, e 30 dias nas situações em que há necessidade de aprimorar a estrutura de fornecimento.

2.6.5 Vistoria e liberação de operação

Respeitando o prazo de 7 dias, a concessionária deve realizar a vistoria após a sua solicitação, realizada informalmente pelo responsável pelo projeto de geração. Essa solicitação deve respeitar o limite de 120 dias a contar da liberação do projeto, perdendo a validade caso extrapolado o prazo. O relatório da vistoria é emitido em até

5 dias e a substituição do relógio medidor é realizada em até 7 dias após elaboração do relatório (RGE SUL, 2017).

2.6.6 Sinalização

Para fins de segurança, faz-se necessária a sinalização de todos os locais em que possa ocorrer intervenção humana e haja risco de descarga elétrica. A indicação deve ser realizada com uma placa de 25 x 18 cm, confeccionada em material resistente e fixada à mesma forma. A Figura 12 representa o modelo padrão de placa de segurança.

Figura 12 – Placa sinalizadora de segurança.



Fonte: (RGE SUL, 2017).

2.7 Incentivos governamentais para implantação de energia solar fotovoltaica

Utilizando como inspiração o exemplo internacional, em uma busca que visa difundir nacional e regionalmente essa tecnologia, os governos estaduais e o governo federal têm investido em incentivos que facilitam e viabilizam a implantação de sistema de geração fotovoltaica. Tais incentivos vão desde a regularização de geradores residenciais até a isenção de impostos federais (PIS e COFINS) e estaduais (ICMS) na tarifa de energia elétrica até programas para financiamento de todo o valor investido, com taxas de juros subsidiadas.

2.7.1 Convênio nº 101/1997 – CONFAZ

Já ano de 1997, o Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) publicou, no Diário Oficial da União (DOU), um convênio que concede isenção de Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) para operações de comercialização de equipamentos para o aproveitamento das fontes de energia solar e eólica. Na breve lista de códigos da Nomenclatura Brasileira de Mercadorias/Sistema Harmonizado (NBM/SH) encontram-se geradores, aerogeradores, aquecedores, bombas e células fotovoltaicas (CONFAZ, 1997).

2.7.2 Resolução Normativa nº 482/2012 – ANEEL

A microgeração e minigeração de energia fotovoltaica por pessoas físicas e jurídicas não especializadas obtiveram sua regulamentação a partir da resolução de número 482 da Aneel, publicada no ano de 2012. A resolução cria e estabelece as condições de compensação de créditos de energia elétrica, permitindo, assim, a interligação de pequenos sistemas fotovoltaicos particulares à rede distribuidora, sendo a energia gerada no sistema e não consumida cedida à rede elétrica e compensada em forma de créditos no fechamento da fatura. A validade dos créditos é de 60 meses a contar a partir do momento de sua geração (ANEEL, 2012).

2.7.3 Resolução Normativa nº 687/2015 – ANEEL

Com o intuito de ajustar as regulamentações implantadas no ano de 2012, a Aneel publicou, em novembro de 2015, porém entrando em vigor somente em março de 2016, a resolução número 687, que define um limite de geração de energia igual àquele que é disponibilizado pela central distribuidora, reduz a burocracia para instalação do sistema, impondo algumas regras às empresas de distribuição de energia, e cria o conceito de geração compartilhada, sendo permitida a união de um grupo de consumidores, pertencentes à mesma área de concessão, para a compensação de créditos gerados em local diferente dos pontos de consumo (ANEEL, 2015).

2.7.4 Convênio nº 16/2015 – CONFAZ

Desde a publicação da Resolução de número 482, em 2012, a cobrança de ICMS era realizada utilizando como base o valor bruto da fatura de energia elétrica, sendo assim cobrada uma tributação sobre todo o consumo energético da geradora e não somente sobre o valor pago à rede distribuidora, após abatidos os créditos de geração. O convênio número 16 do ano de 2015 foi publicado com o intuito de corrigir essa cobrança, autorizando os estados brasileiros e o Distrito Federal a isentar a tributação para consumidores que possuem o sistema de compensação de créditos com a rede elétrica (CONFAZ, 2015).

2.7.5 Decreto Estadual nº 52.964/2016 – SEFAZ RS

Atendendo ao convênio Confaz nº 16/2015, a Secretaria da Fazenda do Estado do Rio Grande do Sul (SEFAZ RS), no mês de março do ano de 2016, modificou o regulamento de cobrança interna do ICMS, isentando a tributação da quota de energia consumida, gerada e compensada pelo consumidor na tarifa cobrada pela rede distribuidora (SEFAZ RS, 2016).

2.7.6 Lei nº 13.169/2015 – Governo Federal

Em uma situação bastante similar à relacionada ao ICMS, o Governo Federal concedeu, por meio da lei nº 13.169 de 06 de outubro de 2015, redução a zero das alíquotas de contribuição para o Programa de Integração Social e para o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PIS/PASEP), e isentou a Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) para micro e minigeradores de energia solar fotovoltaica que optam pelos sistemas *on-grid*, com compensação de créditos (BRASIL, 2015).

2.7.7 Programa de Geração Distribuída (ProGD) – Ministério de Minas e Energia (MME)

Com uma previsão de investimento na casa dos R\$ 100 bilhões até o ano de 2030, o MME criou, no ano de 2015, o ProGD, que é um programa de incentivo financeiro à geração de energia solar fotovoltaica em residências, comércio e

indústrias brasileiras. A implantação do programa visa não somente o financiamento, como também a regularização dos valores cobrados para a geração distribuída de energia. Com os incentivos implantados no programa, estima-se que seja evitada, pelo país, a emissão de 29 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera terrestre (MME, 2015).

2.7.8 Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF ECO)

Com taxas de juros subsidiadas (2,5% a.a. para projetos ecológicos), um extenso prazo para pagamento (até 12 anos, com possibilidade de carência de até 8 anos de acordo com o empreendimento e o projeto financiados) e possibilidade de financiamento de 100% do valor da implantação, o PRONAF ECO é uma ramificação do programa de fortalecimento da agricultura, destinado a produtores familiares que estejam cadastrados no PRONAF e possuam interesse na utilização de energias renováveis para geração de renda indireta ou aprimoramento dos serviços de mão de obra familiar. Com um teto financiável de R\$ 165 mil, o programa normalmente atende às necessidades dos beneficiários (MDA, 2014).

2.8 Modalidades de compensação coletiva de créditos

No ano 2015, a Agência Nacional de Energia Elétrica criou, por meio da Resolução Normativa nº 687, três novas modalidades de geração de energia fotovoltaica e compensação de créditos entre duas ou mais unidades consumidoras, sendo elas: o empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, o autoconsumo remoto e a geração compartilhada (ANEEL, 2015).

2.8.1 Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras

Consiste no aproveitamento dos créditos por unidades consumidoras distintas, localizadas na mesma edificação ou em propriedades interligadas. Cada residência, bem como as áreas comuns da edificação, devem representar uma única e diversa unidade de consumo, sendo todas supridas energeticamente por uma única instalação de geração fotovoltaica (ANEEL, 2015).

2.8.2 Geração compartilhada

Representa a união de dois ou mais consumidores (físicos ou jurídicos), localizados na mesma área de concessão ou permissão, para geração de energia elétrica em um local distinto das unidades de consumo. A distribuição dos créditos energéticos gerados é realizada por meio de consórcio ou cooperativa entre os usuários (ANEEL, 2015).

2.8.3 Autoconsumo remoto

Caracteriza-se pelo aproveitamento dos créditos de energia elétrica em dois ou mais estabelecimentos pertencentes à mesma pessoa jurídica, inscritas no cadastro nacional como matriz e filial, ou pertencentes a uma pessoa física que possua geração de energia em um imóvel distinto, também de sua titularidade (ANEEL, 2015).

2.9 Métodos de análise da viabilidade econômica

A análise de viabilidade de implantação de um sistema pode ser realizada de diferentes formas, em que os valores obtidos variam de acordo com as particularidades da metodologia adotada. Dentre os principais métodos para estimativa e análise de retorno do capital inicialmente investido e elaboração do fluxo de caixa, destacam-se o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *payback* simples (LINDEMEYER, 2008).

2.9.1 Método do Valor Presente Líquido (VPL)

Gitman (2010), aponta que o método VPL busca trazer o valor de fluxo do investimento para o tempo presente, por meio da utilização de uma taxa de juros como referência. A metodologia é considerada exata e são considerados mais atrativas análises com maior valor presente.

Adota-se, de acordo com Macedo (2014), como taxa mínima de atratividade para um investimento, a rentabilidade anual atual da caderneta de poupança, sendo este o único investimento corrente, seguro e de baixo risco disponível no Brasil. Dessa forma, o valor obtido com o cálculo do VPL será aferido com base no último

rendimento anual da caderneta de poupança, sendo a prova de viabilidade obtida por meio da obtenção de um Valor Presente Líquido positivo. A verificação do VPL pode ser realizada pela equação 1:

$$V_{PL} = \sum \frac{Fc_t}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Sendo:

V_{PL} = Valor Presente Líquido;

Fc_t = Fluxo de caixa do investimento;

i = Taxa de juros;

n = Período.

2.9.2 Método da Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno está diretamente relacionada ao Valor Presente Líquido, sendo dimensionada de forma com que o VPL seja igual a zero, ou seja, a TIR independe das variações de mercado e representa a taxa em que os valores de entrada e saída do investimento se igualam (LANDEIRA, 2013). A viabilidade do investimento é confirmada, em função da taxa de rendimento adotada para a pesquisa, com a obtenção de uma Taxa Interna de Retorno superior à rentabilidade da caderneta de poupança no último ano. A TIR é calculada pela equação 2:

$$0 = \sum \frac{Fc_t}{(1+Tir)^n} \quad (2)$$

Sendo:

Fc_t = Fluxo de caixa do investimento;

Tir = Taxa interna de retorno;

n = Período.

2.9.3 Método do *Payback* Simples (PB)

Sendo, para Bruni; Famá e Siqueira (1998), o método mais simples e mais difundido, o *Payback* representa o tempo de retorno do investimento inicial de capital, ou seja, apresenta quanto tempo será necessário para o sistema gerar economia proporcional ao valor de investimento para implantação, sem considerar a valorização deste capital ao longo do período. O método pode ser visualizado na equação 3:

$$PB = \frac{Inv.Inicial}{\Sigma Fct_p} \quad (3)$$

Sendo:

PB = *Payback* Simples;

Inv. Inicial = Valor de investimento inicial;

ΣFct_p = Fluxo de caixa ao período.

3 METODOLOGIA

3.1 Delineamento

O estudo proposto é uma pesquisa de caráter descritivo e exploratório, cujos resultados apresentados e suas análises são quantitativas e qualitativas.

Os dados de consumo energético foram coletados por meio do Anuário Estatístico de Energia Elétrica do ano de 2017, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética. O consumo mensal médio estadual por habitante foi obtido por meio do cruzamento das informações de consumo com os dados referentes à população estadual, estimada pela Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser (FEE), do estado do Rio Grande do Sul, para o ano de 2016. A obtenção dos valores de consumo *per capita* para o município de Lajeado se deu por meio do comparativo entre o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* estadual, com o mesmo dado a nível municipal, estimando-se o crescimento do consumo energético por habitante de acordo com o desenvolvimento econômico do município.

Foram originadas situações hipotéticas de geração de energia fotovoltaica *on-grid* e compensação de créditos em residências de um até dez habitantes, analisando-se todas as situações intermediárias, e em três empreendimentos comerciais, estes com consumo mensal estipulado a fim de superar o consumo residencial de energia. Foi pesquisada a viabilidade das situações apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Apresentação das situações simuladas.

Situação	Descrição	Fornecimento	Consumo Mensal Médio
Situação 1	Residência unifamiliar	Monofásico	Estimado para 1 habitante
Situação 2	Residência unifamiliar	Monofásico	Estimado para 2 habitantes
Situação 3	Residência unifamiliar	Trifásico	Estimado para 3 habitantes
Situação 4	Residência unifamiliar	Trifásico	Estimado para 4 habitantes
Situação 5	Residência unifamiliar	Trifásico	Estimado para 5 habitantes
Situação 6	Residência unifamiliar	Trifásico	Estimado para 6 habitantes
Situação 7	Residência multifamiliar	Trifásico	Estimado para 7 habitantes
Situação 8	Residência multifamiliar	Trifásico	Estimado para 8 habitantes
Situação 9	Residência multifamiliar	Trifásico	Estimado para 9 habitantes
Situação 10	Residência multifamiliar	Trifásico	Estimado para 10 habitantes
Situação 11	Empreendimento comercial	Trifásico	1.500 kWh
Situação 12	Empreendimento comercial	Trifásico	2.000 kWh
Situação 13	Empreendimento comercial	Trifásico	2.500 kWh

Fonte: Do autor, 2018.

Foram desenvolvidas análises para instalação de sistemas de energia fotovoltaica *grid-tie*, utilizando os cálculos de VPL, TIR e *payback* simples, para cada situação em particular, verificando a viabilidade financeira e o prazo de retorno para a instalação dos sistemas em residências e empreendimentos comerciais do município de Lajeado, Rio Grande do Sul.

3.2 Amostra

Como amostra, foram utilizadas 10 residências, sendo 6 unifamiliare e 4 multifamiliare, e 3 empreendimentos comerciais hipotéticos, localizados no município de Lajeado – RS, conforme situações apresentadas. Cada edificação representa um grupo de consumidores para os sistemas de energia fotovoltaica, objetos do estudo.

3.3 Critérios de inclusão

Foram incluídas no estudo moradias com número de residentes variando entre 1 e 10 pessoas, e empreendimentos com consumo de energia elétrica estimado a fim de superar o consumo residencial de energia.

3.4 Critérios de exclusão

Não foram incluídos no estudo quaisquer edificações que destoem dos grupos representados pelas 13 situações hipotéticas criadas e/ou que não estejam estabelecidas na região de abordagem.

3.5 Instrumentos

Para a verificação e simulação dos sistemas de geração de energia fotovoltaica foram utilizados os seguintes instrumentos:

- a) Anuário Estatístico de Energia Elétrica do ano de 2017, produzido pela Empresa de Pesquisa Energética;
- b) Atlas Socioeconômico e Panorama populacional do estado do Rio Grande do Sul, desenvolvidos pela Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser (FEE);
- c) *Software* RADIASOL 2, para coleta de dados relacionados à intensidade de radiação solar nas coordenadas do município;
- d) Simulador de custos eletrônico para projetos de produção de energia solar fotovoltaica, desenvolvido pela plataforma virtual Portal Solar;
- e) *Software Microsoft Excel* 2016, para armazenamento, disposição, cálculo, comparação e apresentação dos resultados obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises preliminares

De acordo com o Anuário Estatístico de Energia Elétrica do ano de 2017, desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética, utilizando, como base, os dados do ano de 2016, o consumo residencial de energia elétrica no Estado do Rio Grande do Sul foi de 8.273 GWh, ao passo que o consumo rural na mesma região foi de 4.174 GWh. Totalizando, portanto, 12.447 GWh utilizados pelas duas classes em um ano e 1.037,25 GWh consumidos por mês (EPE, 2017). Conforme a Fundação de Economia e Estatística do estado do Rio Grande do Sul, a população estimada para o ano de 2016 no estado é de 11.286.500 pessoas (FEE, 2016).

Com a análise dos dados supracitados, foi possível identificar um consumo anual *per capita* de 1.102,80 KWh e um mensal de 91,90 kWh, por habitante no estado do Rio Grande do Sul. Signor *et al.* (1999), aponta que, no Brasil, o consumo de energia elétrica apresenta crescimento aproximadamente constante quando atrelado ao crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*, informação confirmada – e atualizada – em estudos realizados por (EPE, 2008) e por (WERLANG, 2018). Dessa forma, buscou-se a relação entre o PIB *per capita* do estado do Rio Grande do Sul e do município de Lajeado, utilizando-se a relação para estimar o consumo de energia no município, por meio dos dados estaduais anteriormente obtidos.

Conforme análises realizadas pela Fundação de Economia e Estatística, e publicadas por meio do Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, o PIB *per capita* do estado para o ano de 2015 foi de R\$ 33.960,36, ao passo que o mesmo dado para

o município de Lajeado, no período, representava R\$ 41.456,62 (FEE, 2016). Observa-se, portanto, um aumento de, aproximadamente, 22,07% no PIB do município estudado, quando comparado à média estadual.

Em relação aos dados de consumo energético, utilizou-se a média estadual por habitante acrescida do diferencial entre os Produtos Internos Brutos observados entre o município e o estado, a fim de estimar a demanda de energia elétrica por habitante na cidade estudada. A demanda de consumo por habitante obtida para o município Lajeado foi de 112,19 kWh por mês.

4.2 Verificação dos dados de consumo para o município de Lajeado

Com o intuito de verificar as informações de consumo médio obtidas para o município estudado, examinou-se uma pequena amostragem de residências unifamiliares, localizadas em Lajeado, verificando-se a média de consumo obtida por habitante. A análise realizada é apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Verificação de consumo por habitante no município estudado.

Descrição	Consumo mensal médio (kWh)	Nº de habitantes	Consumo mensal <i>per capita</i> (kWh)
Residência 1	118,00	1	118,00
Residência 2	175,50	2	87,75
Residência 3	208,33	2	104,17
Residência 4	201,02	2	100,51
Residência 5	231,68	2	115,84
Residência 6	352,51	3	117,50
Residência 7	439,92	4	109,98
Residência 8	473,92	4	118,48
Residência 9	580,71	5	116,14
Residência 10	743,27	7	106,18
Média:			109,46

Fonte: Do autor (2018).

Com base nos dados obtidos, é possível observar a proximidade entre os resultados alcançados para consumo médio por habitante no município de Lajeado por meio da amostragem de residências e por meio da média estadual. Optou-se, portanto, por utilizar o consumo médio mensal obtido na análise que envolve o crescimento econômico municipal: 112,19 kWh por habitante.

4.3 Análise de custos e tarifas

Utilizando-se o simulador eletrônico da plataforma Portal Solar, metodologia também adotada por Silva *et al.* (2016), Souza e Silva (2015) e Gomes e Camioto (2016), a fim de simular valores médios para a instalação de sistemas de geração fotovoltaica, buscou-se efetuar a estimativa para cada situação projetada no presente trabalho. Os custos médios para a execução dos sistemas são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Custo de implantação de acordo com o consumo das situações.

Situação	Consumo Mensal (kWh)	Custo de implantação
Situação 1	112,19	R\$9.000,00
Situação 2	224,38	R\$13.292,25
Situação 3	336,57	R\$18.645,43
Situação 4	448,76	R\$22.004,94
Situação 5	560,95	R\$23.320,02
Situação 6	673,14	R\$27.954,75
Situação 7	785,33	R\$31.193,53
Situação 8	897,52	R\$35.255,09
Situação 9	1.009,71	R\$38.082,56
Situação 10	1.121,90	R\$42.289,36
Situação 11	1.500,00	R\$56.684,69
Situação 12	2.000,00	R\$74.571,99
Situação 13	2.500,00	R\$87.995,57

Fonte: Do autor, adaptado de (Portal Solar, 2018).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o valor de tarifa homologada, no ano de 2017, para a empresa RGE Sul Distribuidora de Energia S/A, responsável pelo fornecimento no município de Lajeado – RS, é de R\$ 0,452 por kWh. Com o acréscimo de impostos estaduais e federais, o custo efetivo por kWh resulta em R\$ 0,66. (ANEEL, 2018). No mês de abril do ano de 2018, a ANEEL aprovou uma revisão tarifária para a concessionária, homologando um aumento de 21% nas tarifas do município de Lajeado (ANEEL, 2018), o que resulta em um custo de R\$ 0,799 por kWh, considerado para o presente estudo.

Utilizando-se a “calculadora do cidadão”, que é um simulador virtual disponibilizado pelo Banco Central do Brasil (BCB) com o intuito de possibilitar a correção de valores monetários, foi possível obter o percentual de rendimento da

caderneta de poupança dos últimos 12 meses (de abril de 2017 a maio de 2018). A rentabilidade obtida foi de 5,73% (BCB, 2018). Esse valor será considerado como taxa base para os cálculos de viabilidade das situações projetadas, sendo determinante para comprovar ou não a exequibilidade da instalação dos sistemas.

4.4 Dimensionamento e verificação das situações de cálculo

4.4.1 Situação 1

A primeira situação simulada representa uma residência com fornecimento monofásico de energia, consumo médio mensal de 112,19 kWh e anual de 1.346,28 kWh. O valor do custo de implantação estimado foi de R\$ 9.000,00. A potência instalada para a residência seria de 0,96 kWp, sendo necessárias 4 placas fotovoltaicas de 260 W para suprir a demanda. Com a produção mensal de energia, descontada a tarifa básica cobrada pela rede distribuidora, a economia anual será de R\$ 788,04. O fluxo de caixa da situação é apresentado no Tabela 8.

Tabela 8 – Fluxo de caixa da situação 1.

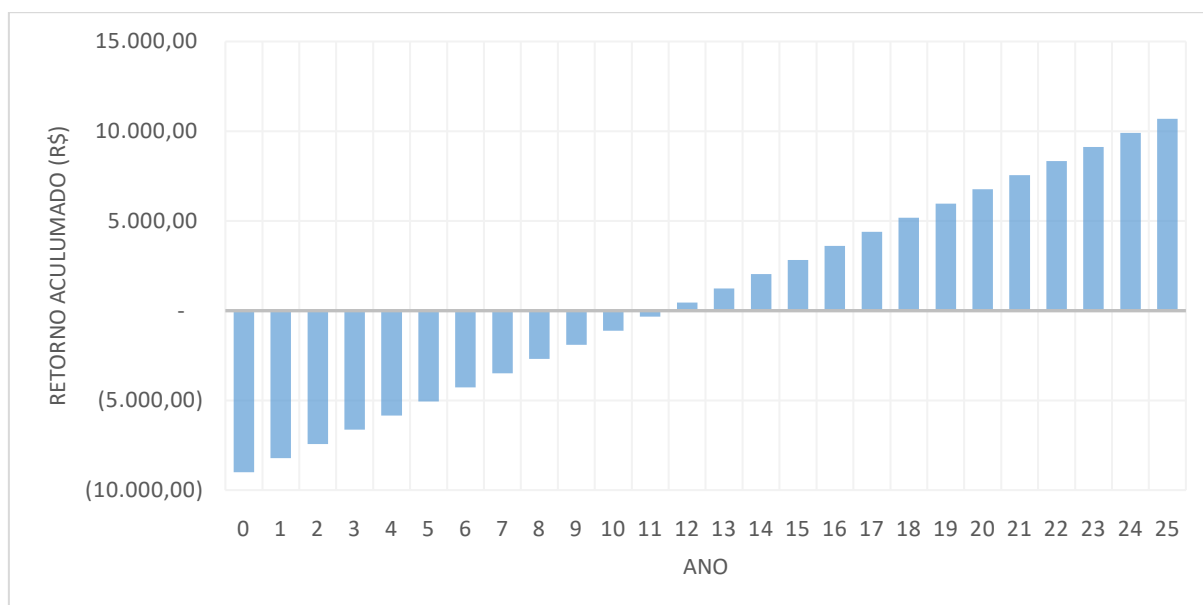
Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$9.000,00	-R\$9.000,00
Ano 1	R\$788,04	-R\$8.211,96
Ano 2	R\$788,04	-R\$7.423,92
Ano 3	R\$788,04	-R\$6.635,89
Ano 4	R\$788,04	-R\$5.847,85
Ano 5	R\$788,04	-R\$5.059,81
Ano 6	R\$788,04	-R\$4.271,77
Ano 7	R\$788,04	-R\$3.483,74
Ano 8	R\$788,04	-R\$2.695,70
Ano 9	R\$788,04	-R\$1.907,66
Ano 10	R\$788,04	-R\$1.119,62
Ano 11	R\$788,04	-R\$331,59
Ano 12	R\$788,04	R\$456,45
Ano 13	R\$788,04	R\$1.244,49
Ano 14	R\$788,04	R\$2.032,53
Ano 15	R\$788,04	R\$2.820,57
Ano 16	R\$788,04	R\$3.608,60
Ano 17	R\$788,04	R\$4.396,64
Ano 18	R\$788,04	R\$5.184,68
Ano 19	R\$788,04	R\$5.972,72

Ano 20	R\$788,04	R\$6.760,75
Ano 21	R\$788,04	R\$7.548,79
Ano 22	R\$788,04	R\$8.336,83
Ano 23	R\$788,04	R\$9.124,87
Ano 24	R\$788,04	R\$9.912,91
Ano 25	R\$788,04	R\$10.700,94

Fonte: Do autor, 2018.

Utilizando-se o método do *payback* simples, foi possível identificar o prazo de retorno da simulação realizada para a situação 1. Os resultados obtidos apontam para um retorno de 137,05 meses, equivalente a 11,42 anos. O gráfico de evolução do retorno acumulado é apresentado na Figura 13.

Figura 13 – *Payback* simples para a situação 1.



Fonte: Do autor, 2018.

Calculando-se o Valor Presente Líquido e a Taxa Interna de Retorno do fluxo de caixa, obteve-se, respectivamente, a cifra de R\$ 1.337,48 e a taxa de 7,23%. Tendo em vista a positividade do VPL e a TIR maior que a taxa de 5,73%, referente à rentabilidade da caderneta de poupança nos últimos 12 meses, conclui-se que a instalação de a instalação do sistema é financeiramente viável.

4.4.2 Situação 2

Com consumo mensal de 224,38 kWh e anual de 2.692,56 kWh, estimados para uma residência unifamiliar com 2 habitantes e fornecimento monofásico, o valor para implantação de uma sistema fotovoltaico para a presente simulação foi de R\$ 13.292,25. A composição do sistema requer 7 painéis fotovoltaicos de 260 W e possui 1,91 kWp de potência instalada. O abatimento anual calculado após a instalação, descontados os custos de fornecimento, foi de R\$ 1.863,72. O fluxo de caixa é apresentado no Tabela 9.

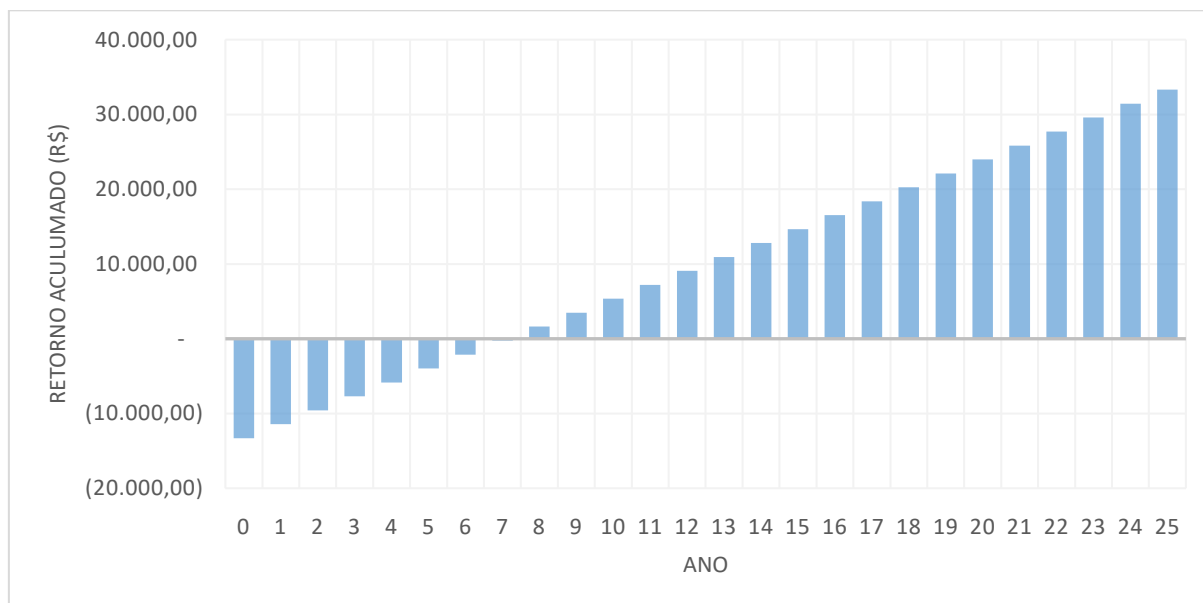
Tabela 9 – Fluxo de caixa da situação 2.

Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$13.292,25	-R\$13.292,25
Ano 1	R\$1.863,72	-R\$11.428,53
Ano 2	R\$1.863,72	-R\$9.564,82
Ano 3	R\$1.863,72	-R\$7.701,10
Ano 4	R\$1.863,72	-R\$5.837,39
Ano 5	R\$1.863,72	-R\$3.973,67
Ano 6	R\$1.863,72	-R\$2.109,96
Ano 7	R\$1.863,72	-R\$246,24
Ano 8	R\$1.863,72	R\$1.617,47
Ano 9	R\$1.863,72	R\$3.481,19
Ano 10	R\$1.863,72	R\$5.344,90
Ano 11	R\$1.863,72	R\$7.208,62
Ano 12	R\$1.863,72	R\$9.072,34
Ano 13	R\$1.863,72	R\$10.936,05
Ano 14	R\$1.863,72	R\$12.799,77
Ano 15	R\$1.863,72	R\$14.663,48
Ano 16	R\$1.863,72	R\$16.527,20
Ano 17	R\$1.863,72	R\$18.390,91
Ano 18	R\$1.863,72	R\$20.254,63
Ano 19	R\$1.863,72	R\$22.118,34
Ano 20	R\$1.863,72	R\$23.982,06
Ano 21	R\$1.863,72	R\$25.845,77
Ano 22	R\$1.863,72	R\$27.709,49
Ano 23	R\$1.863,72	R\$29.573,21
Ano 24	R\$1.863,72	R\$31.436,92
Ano 25	R\$1.863,72	R\$33.300,64

Fonte: Do autor, 2018.

Calculando-se o *payback* simples para o fluxo de caixa supracitado, foi possível verificar o prazo de 85,59 meses, equivalentes a 7,13 anos, como sendo o tempo de retorno do valor investido para a instalação do sistema. O gráfico referente ao retorno do investimento na situação 2 é apresentado na Figura 14.

Figura 14 – *Payback* simples para a situação 2.



Fonte: Do autor, 2018.

O Valor Presente Líquido para do investimento realizado para uma residência com 2 habitantes foi de R\$ 11.155,97, ao passo que a Taxa Interna de Retorno da mesma análise foi de 13,42%. Observando-se os resultados obtidos, é possível confirmar a viabilidade de instalação do sistema nas condições simuladas.

4.4.3 Situação 3

A terceira situação de cálculo representa uma residência com 3 habitantes e fornecimento trifásico, os consumos médios mensal e anual estimados foram, respectivamente, de 336,57 kWh e 4.038,84 kWh. O valor do investimento para adoção dos sistemas foi orçado em R\$ 18.645,43, sendo o projeto composto por 11 painéis solares de 260 W que totalizam 2,87 kWp de geração de energia. O abatimento anual líquido do sistema no fluxo de caixa seria de R\$ 2.268,23. A variação no caixa é apresentada no Tabela 10.

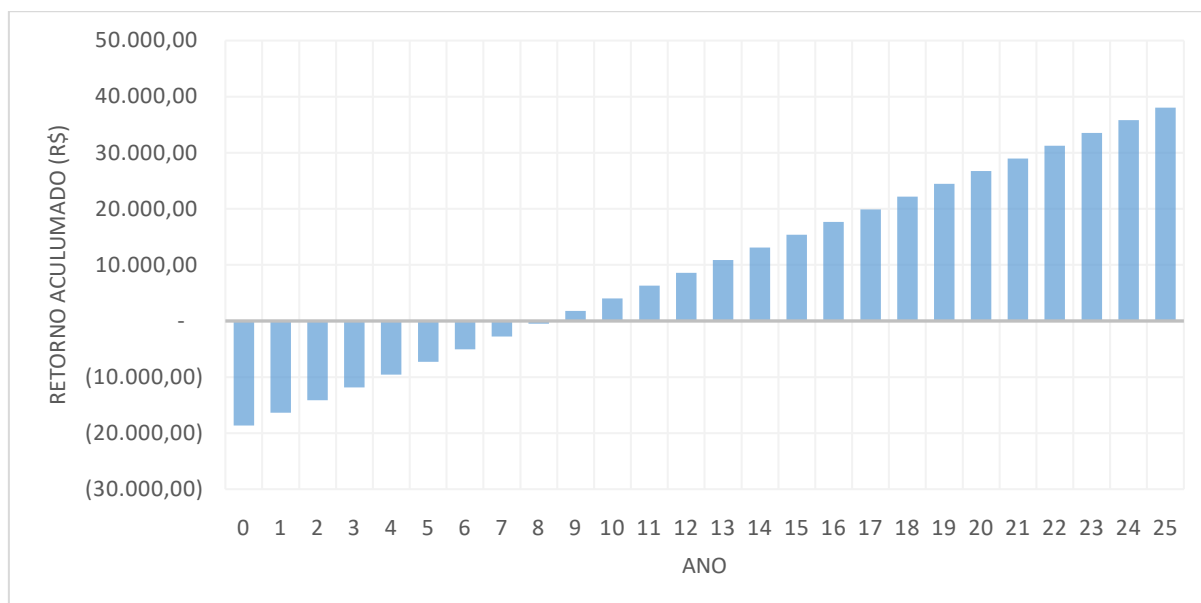
Tabela 10 – Fluxo de caixa da situação 3.

Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$18.645,43	-R\$18.645,43
Ano 1	R\$2.268,23	-R\$16.377,20
Ano 2	R\$2.268,23	-R\$14.108,96
Ano 3	R\$2.268,23	-R\$11.840,73
Ano 4	R\$2.268,23	-R\$9.572,50
Ano 5	R\$2.268,23	-R\$7.304,26
Ano 6	R\$2.268,23	-R\$5.036,03
Ano 7	R\$2.268,23	-R\$2.767,80
Ano 8	R\$2.268,23	-R\$499,56
Ano 9	R\$2.268,23	R\$1.768,67
Ano 10	R\$2.268,23	R\$4.036,90
Ano 11	R\$2.268,23	R\$6.305,13
Ano 12	R\$2.268,23	R\$8.573,37
Ano 13	R\$2.268,23	R\$10.841,60
Ano 14	R\$2.268,23	R\$13.109,83
Ano 15	R\$2.268,23	R\$15.378,07
Ano 16	R\$2.268,23	R\$17.646,30
Ano 17	R\$2.268,23	R\$19.914,53
Ano 18	R\$2.268,23	R\$22.182,77
Ano 19	R\$2.268,23	R\$24.451,00
Ano 20	R\$2.268,23	R\$26.719,23
Ano 21	R\$2.268,23	R\$28.987,47
Ano 22	R\$2.268,23	R\$31.255,70
Ano 23	R\$2.268,23	R\$33.523,93
Ano 24	R\$2.268,23	R\$35.792,17
Ano 25	R\$2.268,23	R\$38.060,40

Fonte: Do autor, 2018.

O *payback* simples obtido para o presente fluxo de caixa foi de 98,64 meses, equivalendo a 8,22 anos. A situação, ao contrário das anteriores, requer um fornecimento energético trifásico, o que amplia a tarifa mínima da distribuidora de energia para 100 kWh e, conseqüentemente, reduz o abatimento financeiro mensal, ocasionando um aumento no período de retorno do investimento. O gráfico do fluxo de caixa para a terceira simulação é apresentado na Figura 15.

Figura 15 – *Payback* simples para a situação 3.



Fonte: Do autor, 2018.

Ainda com o acréscimo na tarifa base cobrada pela fornecedora, é possível, por meio dos cálculos do VPL e da TIR, comprovar a viabilidade do investimento proposto para uma residência com 3 habitantes e fornecimento trifásico. O Valor Presente Líquido do investimento foi de R\$ 11.109,25 e a Taxa Interna de Retorno obtida foi de 11,33%, ambos superiores aos mínimos previstos para fundamentar sua viabilidade.

4.4.4 Situação 4

Para uma residência trifásica com 4 habitantes, o consumo mensal estimado no município de Lajeado é de 448,76 kWh, representando 5.385,12 kWh por ano. A potência instalada prevista é de 3,82 kWp, sendo necessários 15 painéis fotovoltaicos de 260 W, o que geraria um custo de instalação de R\$ 22.004,94. Reduzindo-se o custo fixo de 100 kWh, previsto para um fornecimento trifásico, obtém-se o valor de R\$ 3.343,91 para abatimento no fluxo de caixa do investimento, a cada ano. A variação do caixa e o retorno acumulados são apresentados no Tabela 11.

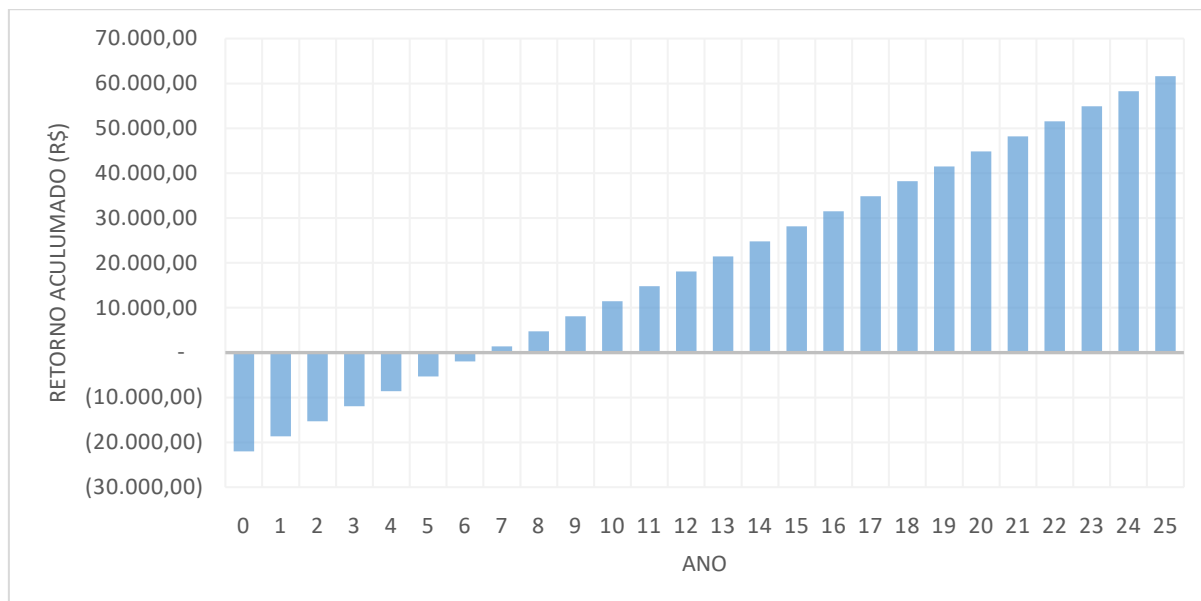
Tabela 11 – Fluxo de caixa da situação 4.

Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$22.004,94	-R\$22.004,94
Ano 1	R\$3.343,91	-R\$18.661,03
Ano 2	R\$3.343,91	-R\$15.317,12
Ano 3	R\$3.343,91	-R\$11.973,21
Ano 4	R\$3.343,91	-R\$8.629,30
Ano 5	R\$3.343,91	-R\$5.285,39
Ano 6	R\$3.343,91	-R\$1.941,47
Ano 7	R\$3.343,91	R\$1.402,44
Ano 8	R\$3.343,91	R\$4.746,35
Ano 9	R\$3.343,91	R\$8.090,26
Ano 10	R\$3.343,91	R\$11.434,17
Ano 11	R\$3.343,91	R\$14.778,08
Ano 12	R\$3.343,91	R\$18.121,99
Ano 13	R\$3.343,91	R\$21.465,90
Ano 14	R\$3.343,91	R\$24.809,81
Ano 15	R\$3.343,91	R\$28.153,72
Ano 16	R\$3.343,91	R\$31.497,63
Ano 17	R\$3.343,91	R\$34.841,54
Ano 18	R\$3.343,91	R\$38.185,46
Ano 19	R\$3.343,91	R\$41.529,37
Ano 20	R\$3.343,91	R\$44.873,28
Ano 21	R\$3.343,91	R\$48.217,19
Ano 22	R\$3.343,91	R\$51.561,10
Ano 23	R\$3.343,91	R\$54.905,01
Ano 24	R\$3.343,91	R\$58.248,92
Ano 25	R\$3.343,91	R\$61.592,83

Fonte: Do autor, 2018.

Analisando-se o fluxo de caixa, é possível confirmar um prazo de retorno para o investimento realizado na situação 4 de 78,97 meses, ou 6,58 anos. O gráfico representando o retorno de capital acumulado a cada ano após os investimento é apresentado na Figura 16.

Figura 16 – *Payback* simples para a situação 4.



Fonte: Do autor, 2018.

Os retornos obtidos nos cálculos de viabilidade da aplicação foram de R\$ 21.860,48 para o Valor Presente Líquido e de 14,70% para a Taxa Interna de Retorno, este superando os 5,73% utilizados como taxa base para comprovação da viabilidade para implantação do sistema. Os valores corroboram para a aprovação do investimento nas condições previstas.

4.4.5 Situação 5

Estimando para uma residência unifamiliar com 5 moradores e fornecimento trifásico de energia elétrica, a quinta situação de cálculo prevê a utilização de 18 placas fotovoltaicas de 260 W para atender a demanda de 560,95 kWh mensais, 6.731,40 kWh por ano, e para atingir a potência instalada de 4,78 kWp. Utilizando-se a tarifa cobrada pela rede distribuidora e o consumo líquido de abatimento mensal na conta de energia elétrica, é possível estimar um abatimento anual de R\$ 4.419,59 para a presente situação, valor que será descontado em um fluxo de caixa com aplicação inicial de capital no valor de R\$ 23.320,02, referente ao custo de instalação do sistema. O fluxo de caixa da quinta simulação é apresentado no Tabela 12.

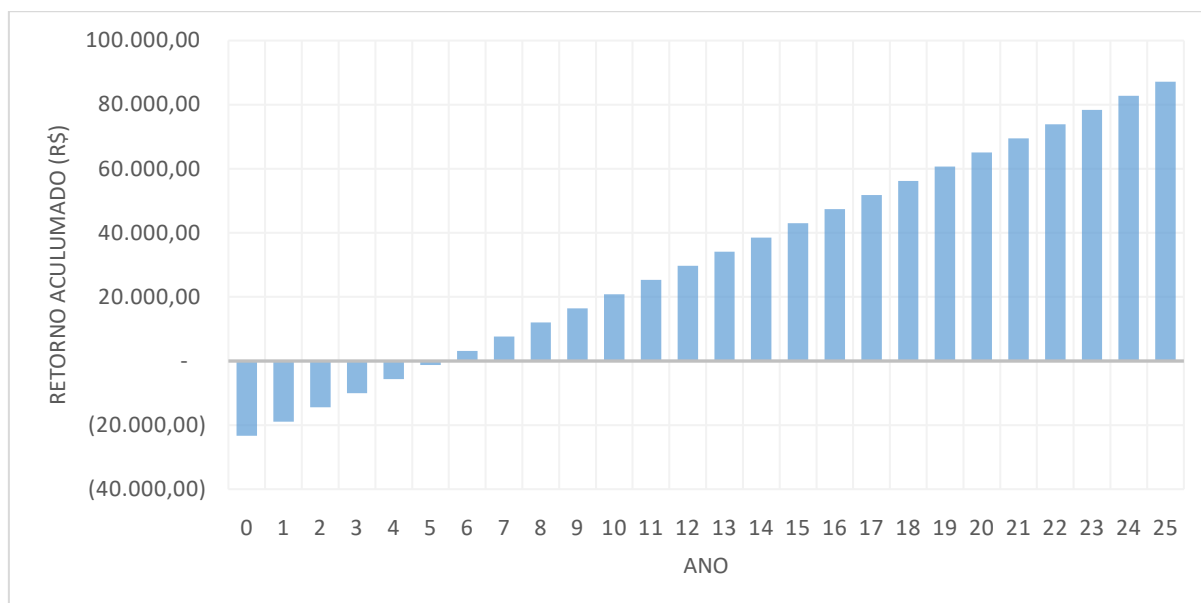
Tabela 12 – Fluxo de caixa da situação 5.

Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$23.320,02	-R\$23.320,02
Ano 1	R\$4.419,59	-R\$18.900,43
Ano 2	R\$4.419,59	-R\$14.480,84
Ano 3	R\$4.419,59	-R\$10.061,25
Ano 4	R\$4.419,59	-R\$5.641,67
Ano 5	R\$4.419,59	-R\$1.222,08
Ano 6	R\$4.419,59	R\$3.197,51
Ano 7	R\$4.419,59	R\$7.617,10
Ano 8	R\$4.419,59	R\$12.036,69
Ano 9	R\$4.419,59	R\$16.456,28
Ano 10	R\$4.419,59	R\$20.875,87
Ano 11	R\$4.419,59	R\$25.295,45
Ano 12	R\$4.419,59	R\$29.715,04
Ano 13	R\$4.419,59	R\$34.134,63
Ano 14	R\$4.419,59	R\$38.554,22
Ano 15	R\$4.419,59	R\$42.973,81
Ano 16	R\$4.419,59	R\$47.393,40
Ano 17	R\$4.419,59	R\$51.812,99
Ano 18	R\$4.419,59	R\$56.232,57
Ano 19	R\$4.419,59	R\$60.652,16
Ano 20	R\$4.419,59	R\$65.071,75
Ano 21	R\$4.419,59	R\$69.491,34
Ano 22	R\$4.419,59	R\$73.910,93
Ano 23	R\$4.419,59	R\$78.330,52
Ano 24	R\$4.419,59	R\$82.750,11
Ano 25	R\$4.419,59	R\$87.169,70

Fonte: Do autor, 2018.

O período de retorno obtido por meio da análise de fluxo financeiro da situação 5 foi de 63,32 meses, ou 5,28 anos, superando os resultados obtidos nas demais simulações anteriormente realizadas. O gráfico do fluxo de caixa da simulação é exibido na Figura 17.

Figura 17 – *Payback* simples para a situação 5.



Fonte: Do autor, 2018.

Por meio dos cálculos relacionados à viabilidade da aplicação, é possível observar uma constante evolução nos retorno obtidos, relacionando-os ao crescimento do consumo e produção de energia elétrica estimados para cada residência. A Taxa de Retorno para a presente hipótese foi de 18,69%, ao passo que o Valor Presente Líquido do capital atingiu R\$ 34.656,14, fundamentando a constante evolução de exequibilidade para os projetos estudados.

4.4.6 Situação 6

Em se tratando de uma residência unifamiliar com 6 habitantes e sistema trifásico de fornecimento, são necessários 22 painéis fotovoltaicos de 260 W a fim de suprir a demanda de 5,73 kWp de potência instalada e de produzir mensalmente 673,14 kWh e anualmente 8.077,68 kWh. O custo de instalação previsto para a situação é de R\$ 27.954,75. O retorno anual previsto para o fluxo de caixa do investidor é de R\$ 5.495,27. O fluxo de capital e o retorno acumulado para a situação 6 são expostos na Tabela 13.

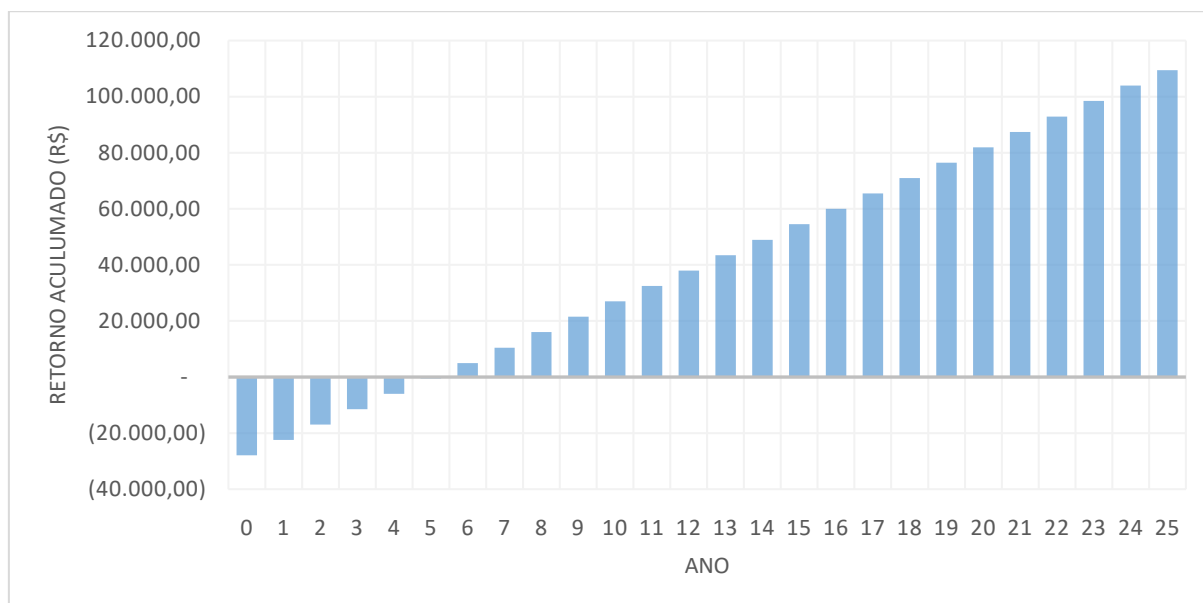
Tabela 13 – Fluxo de caixa da situação 6.

Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$27.954,75	-R\$27.954,75
Ano 1	R\$5.495,27	-R\$22.459,48
Ano 2	R\$5.495,27	-R\$16.964,22
Ano 3	R\$5.495,27	-R\$11.468,95
Ano 4	R\$5.495,27	-R\$5.973,68
Ano 5	R\$5.495,27	-R\$478,42
Ano 6	R\$5.495,27	R\$5.016,85
Ano 7	R\$5.495,27	R\$10.512,11
Ano 8	R\$5.495,27	R\$16.007,38
Ano 9	R\$5.495,27	R\$21.502,65
Ano 10	R\$5.495,27	R\$26.997,91
Ano 11	R\$5.495,27	R\$32.493,18
Ano 12	R\$5.495,27	R\$37.988,45
Ano 13	R\$5.495,27	R\$43.483,71
Ano 14	R\$5.495,27	R\$48.978,98
Ano 15	R\$5.495,27	R\$54.474,24
Ano 16	R\$5.495,27	R\$59.969,51
Ano 17	R\$5.495,27	R\$65.464,78
Ano 18	R\$5.495,27	R\$70.960,04
Ano 19	R\$5.495,27	R\$76.455,31
Ano 20	R\$5.495,27	R\$81.950,58
Ano 21	R\$5.495,27	R\$87.445,84
Ano 22	R\$5.495,27	R\$92.941,11
Ano 23	R\$5.495,27	R\$98.436,38
Ano 24	R\$5.495,27	R\$103.931,64
Ano 25	R\$5.495,27	R\$109.426,91

Fonte: Do autor, 2018.

O *payback* obtido para retorno do investimento na situação 6 foi de 61,04 meses, equivalente a 5,09 anos. O gráfico ilustrando o prazo de retorno da simulação é exibido na Figura 18.

Figura 18 – *Payback* simples para a situação 6.



Fonte: Do autor, 2018.

Atualizando-se o capital envolvido no fluxo de caixa para o tempo presente, por meio da fórmula de VPL, obtém-se o valor de R\$ 44.132,16. A Taxa Interna de Retorno, por sua vez, atinge 19,43%, valor superior à taxa mínima de atratividade adotada para o estudo, confirmando assim a sua viabilidade financeira.

4.4.7 Situação 7

Para a situação de cálculo que simula o consumo energético de uma residência multifamiliar ocupada por 7 pessoas, estima-se, por meio da média municipal, um consumo mensal de 785,33 kWh e anual de 9.423,96 kWh. Para suprir a necessidade da edificação, faz-se necessária a instalação de 6,69 kWp de potência, utilizando-se 26 placas fotovoltaicas de 260 W, o que resulta em um custo inicial de R\$ 34.193,53. O abatimento anual do investimento, após descontada a taxa básica da fornecedora, fica em R\$ 6.570,94. O fluxo de caixa do investimento é apresentado na Tabela 14.

Tabela 14 – Fluxo de caixa da situação 7.

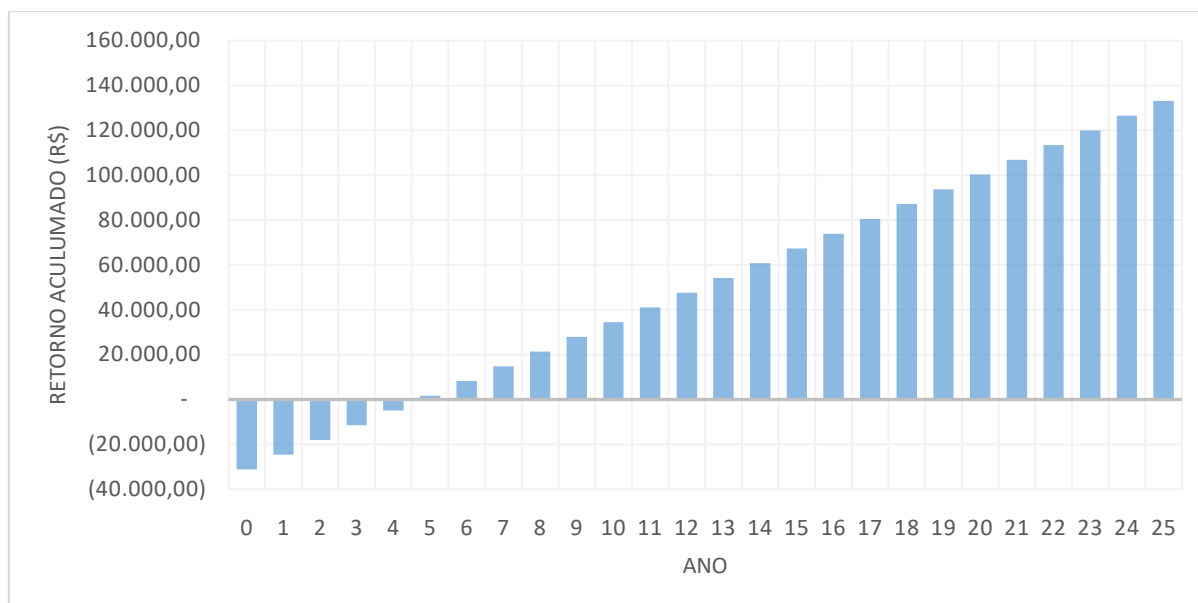
Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$31.193,53	-R\$31.193,53
Ano 1	R\$6.570,94	-R\$24.622,59
Ano 2	R\$6.570,94	-R\$18.051,64

Ano 3	R\$6.570,94	-R\$11.480,70
Ano 4	R\$6.570,94	-R\$4.909,75
Ano 5	R\$6.570,94	R\$1.661,19
Ano 6	R\$6.570,94	R\$8.232,13
Ano 7	R\$6.570,94	R\$14.803,08
Ano 8	R\$6.570,94	R\$21.374,02
Ano 9	R\$6.570,94	R\$27.944,97
Ano 10	R\$6.570,94	R\$34.515,91
Ano 11	R\$6.570,94	R\$41.086,85
Ano 12	R\$6.570,94	R\$47.657,80
Ano 13	R\$6.570,94	R\$54.228,74
Ano 14	R\$6.570,94	R\$60.799,69
Ano 15	R\$6.570,94	R\$67.370,63
Ano 16	R\$6.570,94	R\$73.941,57
Ano 17	R\$6.570,94	R\$80.512,52
Ano 18	R\$6.570,94	R\$87.083,46
Ano 19	R\$6.570,94	R\$93.654,41
Ano 20	R\$6.570,94	R\$100.225,35
Ano 21	R\$6.570,94	R\$106.796,29
Ano 22	R\$6.570,94	R\$113.367,24
Ano 23	R\$6.570,94	R\$119.938,18
Ano 24	R\$6.570,94	R\$126.509,13
Ano 25	R\$6.570,94	R\$133.080,07

Fonte: Do autor, 2018.

O prazo de retorno de capital calculado para o investimento realizado em uma residência com 7 habitantes é de 56,97 meses, equivalendo a 4,75 anos. O gráfico do *payback* simples simulado para a situação é exibido na Figura 19.

Figura 19 – *Payback* simples para a situação 7.



Fonte: Do autor, 2018.

O Valor Presente Líquido, obtido após a atualização dos valores do fluxo de caixa para o início do investimento financeiro, foi de R\$ 55.004,12. A Taxa Interna de Retorno calculada foi de 20,88%, fundamentando a exequibilidade da aplicação de capital.

4.4.8 Situação 8

Os quantitativos de consumo energético observados para uma residência multifamiliar trifásica com 8 habitantes são de 897,52 kWh por mês e 10.770,24 kWh por ano. O custo de instalação previsto para a situação é de R\$ 35.255,0. A potência instalada requerida para o sistema é de 7,64 kWp, sendo necessários 29 painéis geradores de energia fotovoltaica com 260 W cada. O retorno anual obtido por meio do abatimento na conta de energia elétrica para a residência é de R\$ 7.646,62. O fluxo de caixa da aplicação é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – Fluxo de caixa da situação 8.

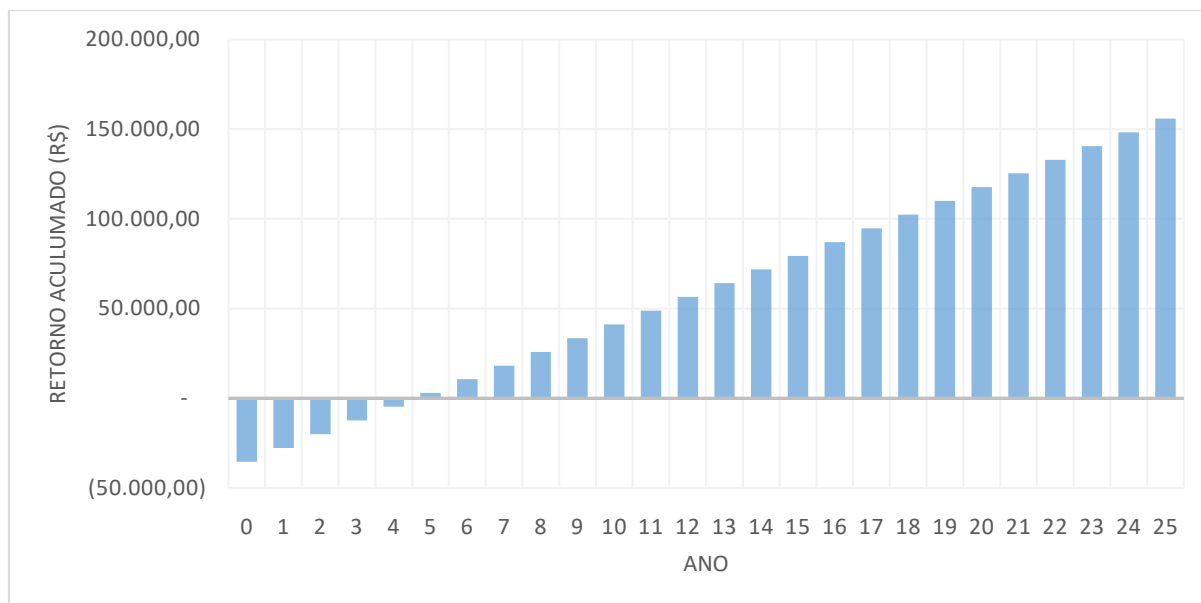
Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$35.255,09	-R\$35.255,09
Ano 1	R\$7.646,62	-R\$27.608,47
Ano 2	R\$7.646,62	-R\$19.961,85

Ano 3	R\$7.646,62	-R\$12.315,22
Ano 4	R\$7.646,62	-R\$4.668,60
Ano 5	R\$7.646,62	R\$2.978,02
Ano 6	R\$7.646,62	R\$10.624,64
Ano 7	R\$7.646,62	R\$18.271,26
Ano 8	R\$7.646,62	R\$25.917,88
Ano 9	R\$7.646,62	R\$33.564,51
Ano 10	R\$7.646,62	R\$41.211,13
Ano 11	R\$7.646,62	R\$48.857,75
Ano 12	R\$7.646,62	R\$56.504,37
Ano 13	R\$7.646,62	R\$64.150,99
Ano 14	R\$7.646,62	R\$71.797,61
Ano 15	R\$7.646,62	R\$79.444,24
Ano 16	R\$7.646,62	R\$87.090,86
Ano 17	R\$7.646,62	R\$94.737,48
Ano 18	R\$7.646,62	R\$102.384,10
Ano 19	R\$7.646,62	R\$110.030,72
Ano 20	R\$7.646,62	R\$117.677,35
Ano 21	R\$7.646,62	R\$125.323,97
Ano 22	R\$7.646,62	R\$132.970,59
Ano 23	R\$7.646,62	R\$140.617,21
Ano 24	R\$7.646,62	R\$148.263,83
Ano 25	R\$7.646,62	R\$155.910,45

Fonte: Do autor, 2018.

O retorno total do capital investido para implantação do sistema fotovoltaico na edificação seria obtido em 55,33 meses, equivalentes a 4,61 anos. O gráfico ilustrando o prazo de retorno da aplicação é apresentado na Figura 20.

Figura 20 – *Payback* simples para a situação 8.



Fonte: Do autor, 2018.

O cálculo do VPL para a situação 8 retornou um valor de R\$ 65.053,30, enquanto o cálculo da TIR apresentou um percentual de 21,52%, ambos aprovando a execução da aplicação financeira na condições previstas.

4.4.9 Situação 9

Para a nona simulação, referente a uma residência multifamiliar com fornecimento trifásico e consumo estimado conforme a média municipal para 9 habitantes, obteve-se a necessidade de geração mensal de 1.009,71 kWh e anual de 12.116,52 kWh. O sistema requer a utilização de 33 painéis fotovoltaicos de 260 W, responsáveis pela potência instalada de 8,6 kWp. O custo para implantação é estimado em R\$ 38.082,56 e o retorno anual calculado para o investimento realizado é de R\$ 8.722,30. O retorno acumulado de capital é exibido na Tabela 16.

Tabela 16 – Fluxo de caixa da situação 9.

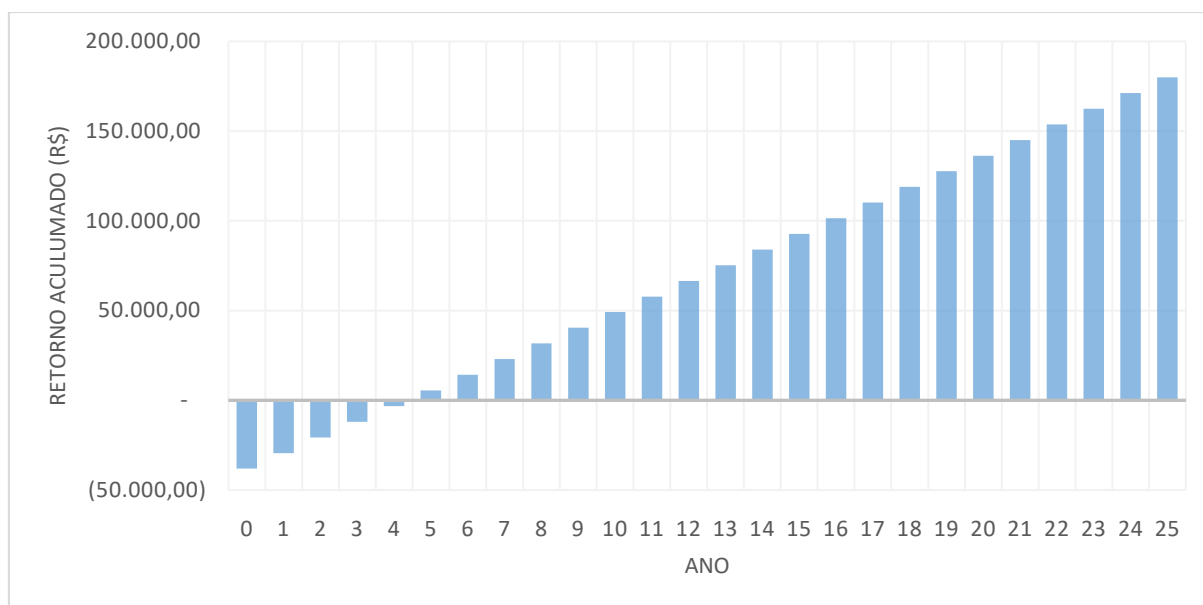
Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$38.082,56	-R\$38.082,56
Ano 1	R\$8.722,30	-R\$29.360,26
Ano 2	R\$8.722,30	-R\$20.637,96
Ano 3	R\$8.722,30	-R\$11.915,66
Ano 4	R\$8.722,30	-R\$3.193,36

Ano 5	R\$8.722,30	R\$5.528,94
Ano 6	R\$8.722,30	R\$14.251,24
Ano 7	R\$8.722,30	R\$22.973,54
Ano 8	R\$8.722,30	R\$31.695,84
Ano 9	R\$8.722,30	R\$40.418,14
Ano 10	R\$8.722,30	R\$49.140,43
Ano 11	R\$8.722,30	R\$57.862,73
Ano 12	R\$8.722,30	R\$66.585,03
Ano 13	R\$8.722,30	R\$75.307,33
Ano 14	R\$8.722,30	R\$84.029,63
Ano 15	R\$8.722,30	R\$92.751,93
Ano 16	R\$8.722,30	R\$101.474,23
Ano 17	R\$8.722,30	R\$110.196,53
Ano 18	R\$8.722,30	R\$118.918,83
Ano 19	R\$8.722,30	R\$127.641,13
Ano 20	R\$8.722,30	R\$136.363,43
Ano 21	R\$8.722,30	R\$145.085,73
Ano 22	R\$8.722,30	R\$153.808,03
Ano 23	R\$8.722,30	R\$162.530,33
Ano 24	R\$8.722,30	R\$171.252,63
Ano 25	R\$8.722,30	R\$179.974,93

Fonte: Do autor, 2018.

O investimento realizado para instalação de um sistema fotovoltaico em uma residência com 9 habitantes no município de Lajeado seria superado pelo valor de abatimento no custo mensal de energia elétrica em 52,39 meses, ou 4,37 anos. O gráfico representando o prazo de retorno do investimento é apresentado na Figura 21.

Figura 21 – *Payback* simples para a situação 9.



Fonte: Do autor, 2018.

Os resultados obtidos para Valor Presente Líquido e para Taxa Interna de Retorno do investimento foram, respectivamente, de R\$ 76.336,57 e 22,77%, fundamentando e confirmando a viabilidade da aplicação proposta.

4.4.10 Situação 10

Em uma residência multifamiliar com 10 habitantes e fornecimento trifásico de energia elétrica, o consumo mensal estimado no município de Lajeado é de 1.121,90 kWh, equivalente a 13.462,80 kWh por ano. O suprimento dessa demanda requer 9,55 kWp de potência instalada, sendo, para tal, necessárias 37 placas fotovoltaicas de 260 W, que, com o somatório dos demais componentes necessários ao funcionamento do sistema, totalizam um custo de implantação de R\$ 42.289,36. O abatimento anual do valor investido, após instalação do sistema, é de R\$ 9.797,98. O fluxo de caixa da simulação é apresentado na Tabela 17.

Tabela 17 – Fluxo de caixa da situação 10.

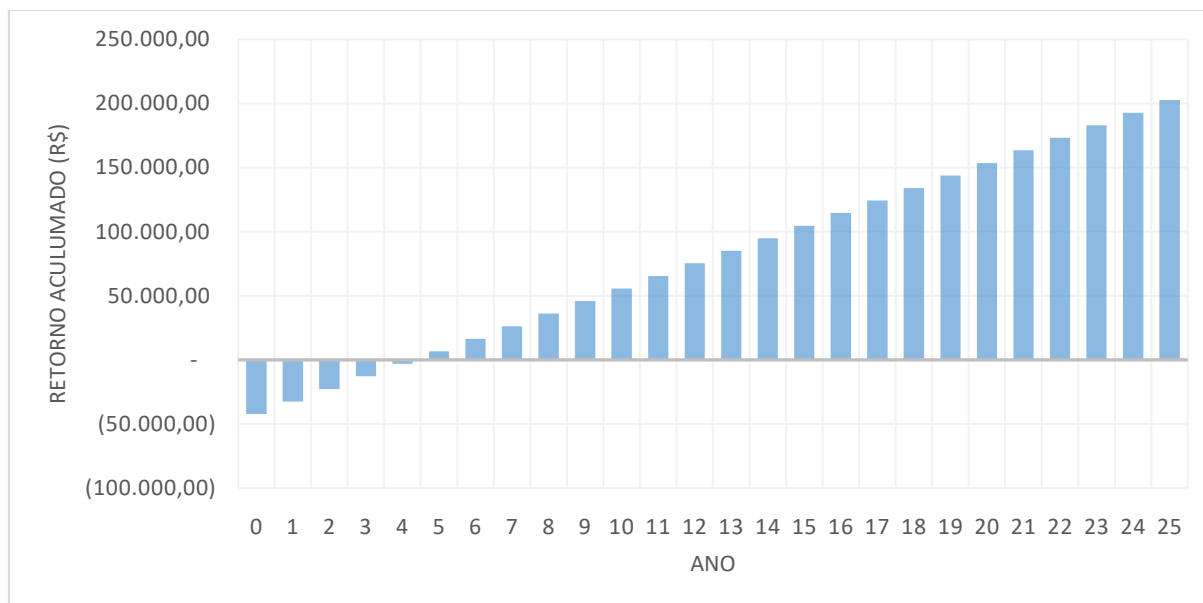
Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$42.289,36	-R\$42.289,36
Ano 1	R\$9.797,98	-R\$32.491,38
Ano 2	R\$9.797,98	-R\$22.693,41
Ano 3	R\$9.797,98	-R\$12.895,43

Ano 4	R\$9.797,98	-R\$3.097,45
Ano 5	R\$9.797,98	R\$6.700,53
Ano 6	R\$9.797,98	R\$16.498,50
Ano 7	R\$9.797,98	R\$26.296,48
Ano 8	R\$9.797,98	R\$36.094,46
Ano 9	R\$9.797,98	R\$45.892,43
Ano 10	R\$9.797,98	R\$55.690,41
Ano 11	R\$9.797,98	R\$65.488,39
Ano 12	R\$9.797,98	R\$75.286,37
Ano 13	R\$9.797,98	R\$85.084,34
Ano 14	R\$9.797,98	R\$94.882,32
Ano 15	R\$9.797,98	R\$104.680,30
Ano 16	R\$9.797,98	R\$114.478,28
Ano 17	R\$9.797,98	R\$124.276,25
Ano 18	R\$9.797,98	R\$134.074,23
Ano 19	R\$9.797,98	R\$143.872,21
Ano 20	R\$9.797,98	R\$153.670,18
Ano 21	R\$9.797,98	R\$163.468,16
Ano 22	R\$9.797,98	R\$173.266,14
Ano 23	R\$9.797,98	R\$183.064,12
Ano 24	R\$9.797,98	R\$192.862,09
Ano 25	R\$9.797,98	R\$202.660,07

Fonte: Do autor, 2018.

O *payback* simples calculado para a presente simulação foi de 51,79 meses, prazo equivalente a 4,32 anos. O gráfico ilustrando o retorno da aplicação é exposto na Figura 22.

Figura 22 – *Payback* simples para a situação 10.



Fonte: Do autor, 2018.

Os cálculos realizados utilizando as informações anteriormente obtidas para a décima simulação apontam um VPL de R\$ 86.240,51 e uma TIR de 23,04%, valores que atestam para a viabilidade da execução da proposta.

4.4.11 Situação 11

Com consumo mensal estimado em 1.500 kWh e anual em 18.000 kWh, a primeira simulação para um empreendimento comercial trifásico localizado no município de Lajeado – RS requer a instalação de 49 painéis fotovoltaicos de 260 W, com o intuito de atingir 12,77 kWp de potência instalada. O investimento previsto é de R\$ 56.684,49. O retorno anual do capital aplicado, por meio do abatimento nas contas de energia elétrica, é de R\$ 13.423,20. O fluxo de caixa da presente simulação é apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 – Fluxo de caixa da situação 11.

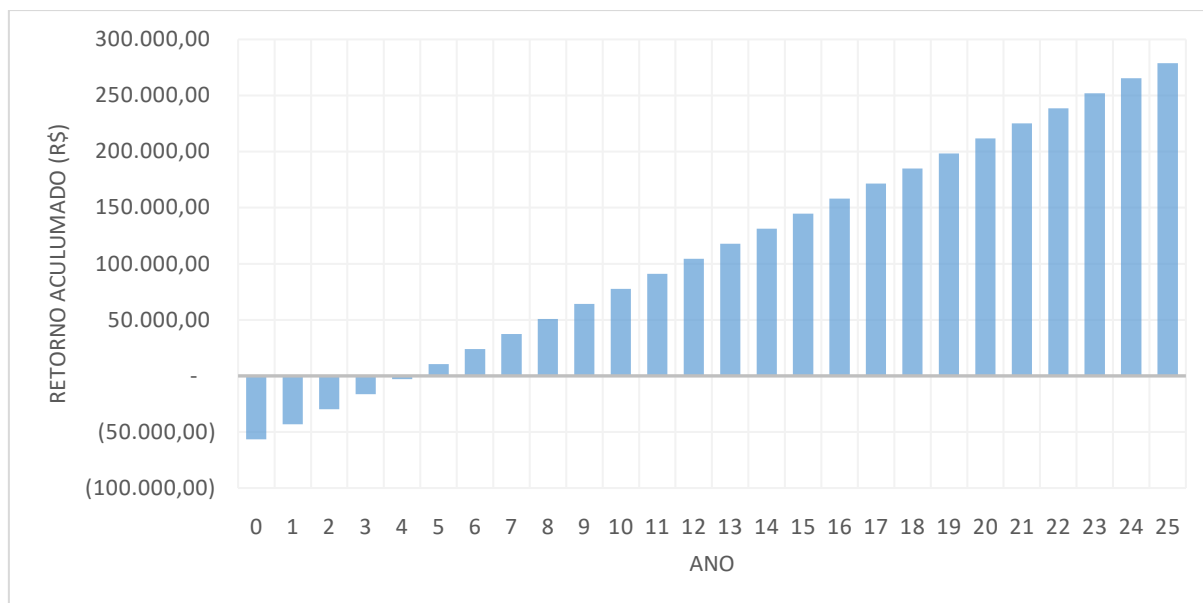
Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$56.684,69	-R\$56.684,69
Ano 1	R\$13.423,20	-R\$43.261,49
Ano 2	R\$13.423,20	-R\$29.838,29
Ano 3	R\$13.423,20	-R\$16.415,09
Ano 4	R\$13.423,20	-R\$2.991,89

Ano 5	R\$13.423,20	R\$10.431,31
Ano 6	R\$13.423,20	R\$23.854,51
Ano 7	R\$13.423,20	R\$37.277,71
Ano 8	R\$13.423,20	R\$50.700,91
Ano 9	R\$13.423,20	R\$64.124,11
Ano 10	R\$13.423,20	R\$77.547,31
Ano 11	R\$13.423,20	R\$90.970,51
Ano 12	R\$13.423,20	R\$104.393,71
Ano 13	R\$13.423,20	R\$117.816,91
Ano 14	R\$13.423,20	R\$131.240,11
Ano 15	R\$13.423,20	R\$144.663,31
Ano 16	R\$13.423,20	R\$158.086,51
Ano 17	R\$13.423,20	R\$171.509,71
Ano 18	R\$13.423,20	R\$184.932,91
Ano 19	R\$13.423,20	R\$198.356,11
Ano 20	R\$13.423,20	R\$211.779,31
Ano 21	R\$13.423,20	R\$225.202,51
Ano 22	R\$13.423,20	R\$238.625,71
Ano 23	R\$13.423,20	R\$252.048,91
Ano 24	R\$13.423,20	R\$265.472,11
Ano 25	R\$13.423,20	R\$278.895,31

Fonte: Do autor, 2018.

O período total estimado para retorno do capital investido na instalação dos sistemas é de 50,67 meses, ou 4,22 anos. O gráfico apresentando a evolução do *payback* para o investimento é ilustrado na Figura 23.

Figura 23 – *Payback* simples para a situação 11.



Fonte: Do autor, 2018.

Atualizando-se os valores do fluxo de caixa para o tempo presente, obtém-se o VPL de R\$ 119.400,85, ao passo que a Taxa Interna de Retorno obtida para o investimento é de 23,56%. Ambos resultados superam os valores e taxas mínimas de atratividade, confirmando a exequibilidade da adoção dos sistemas.

4.4.12 Situação 12

Para uma edificação comercial com fornecimento trifásico de energia e consumo mensal e anual estimados em 2.000 kWh e 24.000 kWh, faz-se necessária a instalação de 17,03 kWp de potência, sendo exigidas, para tal, 65 placas fotovoltaicas de 260 W. A instalação do sistema prevê um custo inicial de R\$ 74.571,99. O abatimento anual de capital no fluxo de caixa do investimento é de R\$ 18.217,20. A variação no fluxo de caixa da aplicação é apresentada na Tabela 19.

Tabela 19 – Fluxo de caixa da situação 12.

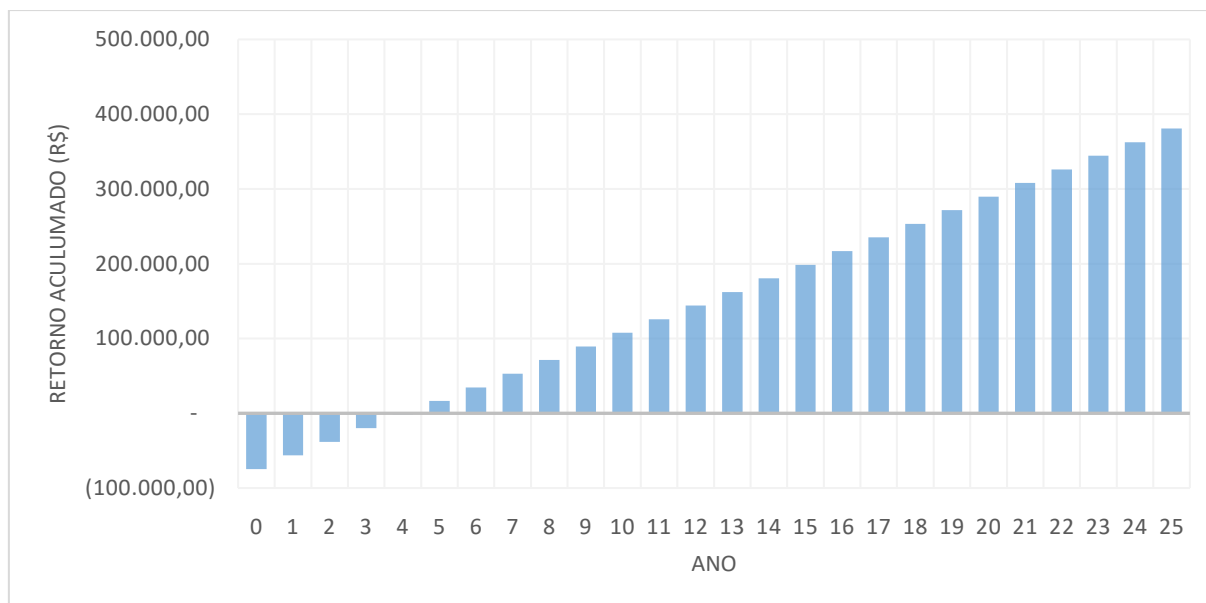
Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$74.571,99	-R\$74.571,99
Ano 1	R\$18.217,20	-R\$56.354,79
Ano 2	R\$18.217,20	-R\$38.137,59
Ano 3	R\$18.217,20	-R\$19.920,39
Ano 4	R\$18.217,20	-R\$1.703,19

Ano 5	R\$18.217,20	R\$16.514,01
Ano 6	R\$18.217,20	R\$34.731,21
Ano 7	R\$18.217,20	R\$52.948,41
Ano 8	R\$18.217,20	R\$71.165,61
Ano 9	R\$18.217,20	R\$89.382,81
Ano 10	R\$18.217,20	R\$107.600,01
Ano 11	R\$18.217,20	R\$125.817,21
Ano 12	R\$18.217,20	R\$144.034,41
Ano 13	R\$18.217,20	R\$162.251,61
Ano 14	R\$18.217,20	R\$180.468,81
Ano 15	R\$18.217,20	R\$198.686,01
Ano 16	R\$18.217,20	R\$216.903,21
Ano 17	R\$18.217,20	R\$235.120,41
Ano 18	R\$18.217,20	R\$253.337,61
Ano 19	R\$18.217,20	R\$271.554,81
Ano 20	R\$18.217,20	R\$289.772,01
Ano 21	R\$18.217,20	R\$307.989,21
Ano 22	R\$18.217,20	R\$326.206,41
Ano 23	R\$18.217,20	R\$344.423,61
Ano 24	R\$18.217,20	R\$362.640,81
Ano 25	R\$18.217,20	R\$380.858,01

Fonte: Do autor, 2018.

O capital destinado à instalação do sistema de geração de energia fotovoltaica no presente empreendimento comercial possui previsão de retorno em 49,12 meses, equivalentes a 4,09 anos. O prazo de retorno da aplicação é apresentado por meio de um gráfico na Figura 24.

Figura 24 – Payback simples para a situação 12.



Fonte: Do autor, 2018.

O Valor Presente Líquido obtido para a situação representa R\$ 164.401,25. A Taxa Interna de Retorno calculada para o projeto é de 24,32%, bastante superior à taxa de 5,73% utilizada como base para as simulações, comprovando assim a eficácia e a viabilidade da adoção dos sistemas.

4.4.13 Situação 13

A décima terceira situação simulada para a presente pesquisa representa um empreendimento comercial trifásico com consumo anual de 30.000 kWh e mensal de 2.500 kWh. Sua demanda energética requer uma potência instalada de 21,28 kWp, alcançada por meio da instalação de 82 painéis de geração fotovoltaica com 260 W de potência. O valor aplicado na instalação do sistema seria de R\$ 87.995,57. O fluxo de caixa da situação recebe abatimento anual de R\$ 23.011,20. A variação do capital investido, bem como seu retorno acumulado são ilustrados na Tabela 20.

Tabela 20 – Fluxo de caixa da situação 13.

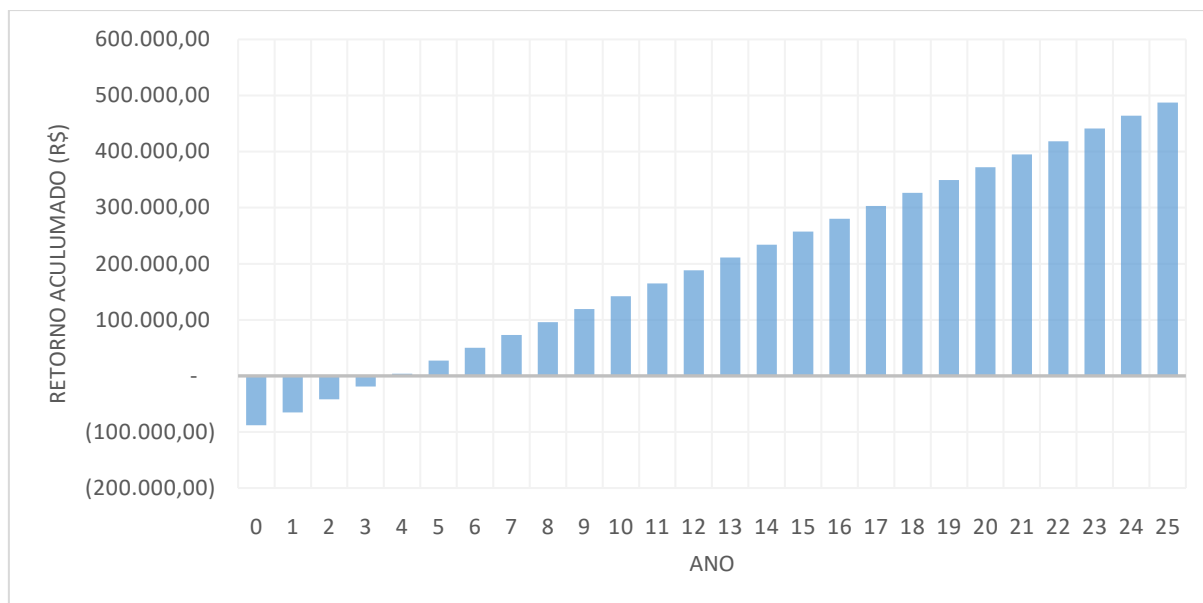
Ano	Fluxo	Retorno acumulado
Ano 0	-R\$87.995,57	-R\$87.995,57
Ano 1	R\$23.011,20	-R\$64.984,37
Ano 2	R\$23.011,20	-R\$41.973,17
Ano 3	R\$23.011,20	-R\$18.961,97

Ano 4	R\$23.011,20	R\$4.049,23
Ano 5	R\$23.011,20	R\$27.060,43
Ano 6	R\$23.011,20	R\$50.071,63
Ano 7	R\$23.011,20	R\$73.082,83
Ano 8	R\$23.011,20	R\$96.094,03
Ano 9	R\$23.011,20	R\$119.105,23
Ano 10	R\$23.011,20	R\$142.116,43
Ano 11	R\$23.011,20	R\$165.127,63
Ano 12	R\$23.011,20	R\$188.138,83
Ano 13	R\$23.011,20	R\$211.150,03
Ano 14	R\$23.011,20	R\$234.161,23
Ano 15	R\$23.011,20	R\$257.172,43
Ano 16	R\$23.011,20	R\$280.183,63
Ano 17	R\$23.011,20	R\$303.194,83
Ano 18	R\$23.011,20	R\$326.206,03
Ano 19	R\$23.011,20	R\$349.217,23
Ano 20	R\$23.011,20	R\$372.228,43
Ano 21	R\$23.011,20	R\$395.239,63
Ano 22	R\$23.011,20	R\$418.250,83
Ano 23	R\$23.011,20	R\$441.262,03
Ano 24	R\$23.011,20	R\$464.273,23
Ano 25	R\$23.011,20	R\$487.284,43

Fonte: Do autor, 2018.

O período previsto para o retorno total do capital investido na instalação do projeto proposto é de 45,89 meses, correspondentes a 3,82 anos. O gráfico de fluxo do retorno acumulado para a situação é apresentado na Figura 25.

Figura 25 – *Payback* simples para a situação 13.



Fonte: Do autor, 2018.

Efetuada as verificações de cálculo, o Valor Presente Líquido retornado para a proposta foi de R\$ 213.865,36, enquanto sua Taxa Interna de Retorno foi de 26,07%, observando-se, por meio das análises, a maior atratividade dentre as situações propostas na presente pesquisa e, conseqüentemente, a alta exequibilidade do investimento proposto.

4.5 Análise comparativa

4.5.1 Relação investimento-retorno

Por meio da divisão do valor acumulado ao longo dos 25 anos de vida útil, previstos para os sistemas, pelo custo inicial de cada investimento, é possível determinar a relação investimento-retorno de todas as propostas. Os dados obtidos são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 – Variação da relação investimento-retorno das propostas.

Situação	Consumo Mensal (kWh)	Custo de implantação	Retorno acumulado (após 25 anos)	Relação Investimento-retorno
Situação 1	112,19	R\$9.000,00	R\$10.700,94	1,19
Situação 2	224,38	R\$13.292,25	R\$33.300,64	2,51

Situação 3	336,57	R\$18.645,43	R\$38.060,40	2,04
Situação 4	448,76	R\$22.004,94	R\$61.592,83	2,80
Situação 5	560,95	R\$23.320,02	R\$87.169,70	3,74
Situação 6	673,14	R\$27.954,75	R\$109.426,91	3,91
Situação 7	785,33	R\$31.193,53	R\$133.080,07	4,27
Situação 8	897,52	R\$35.255,09	R\$155.910,45	4,42
Situação 9	1009,71	R\$38.082,56	R\$179.974,93	4,73
Situação 10	1121,90	R\$42.289,36	R\$202.660,07	4,79
Situação 11	1500,00	R\$56.684,69	R\$278.895,31	4,92
Situação 12	2000,00	R\$74.571,99	R\$380.858,01	5,11
Situação 13	2500,00	R\$87.995,57	R\$487.284,43	5,54

Fonte: Do autor, 2018.

A verificação realizada aponta para um crescimento constante dos valores de retorno acumulado para sistemas que possuem a mesma metodologia de fornecimento de energia elétrica, conforme o consumo da edificação evolui. Observa-se também, em todas as situações, um regresso de capital superior ao que foi aplicado no ato da adoção dos sistemas, o que, em síntese, corrobora para a comprovação de viabilidade das propostas.

4.5.2 *Payback* simples

Os prazos de retorno simples obtidos para as treze simulações de cálculo variam entre 11,42 anos – encontrados na análise da situação 1 – e 3,82 anos – pertencentes à situação 13. A redução do período previsto se torna constante após a terceira análise, ocorrendo um aumento do intervalo em relação ao previsto para a situação 2, em função da substituição do sistema de fornecimento monofásico, pelo trifásico. Os resultados obtidos para o *payback* simples, em anos, são exibidos na Tabela 22 e na Figura 26.

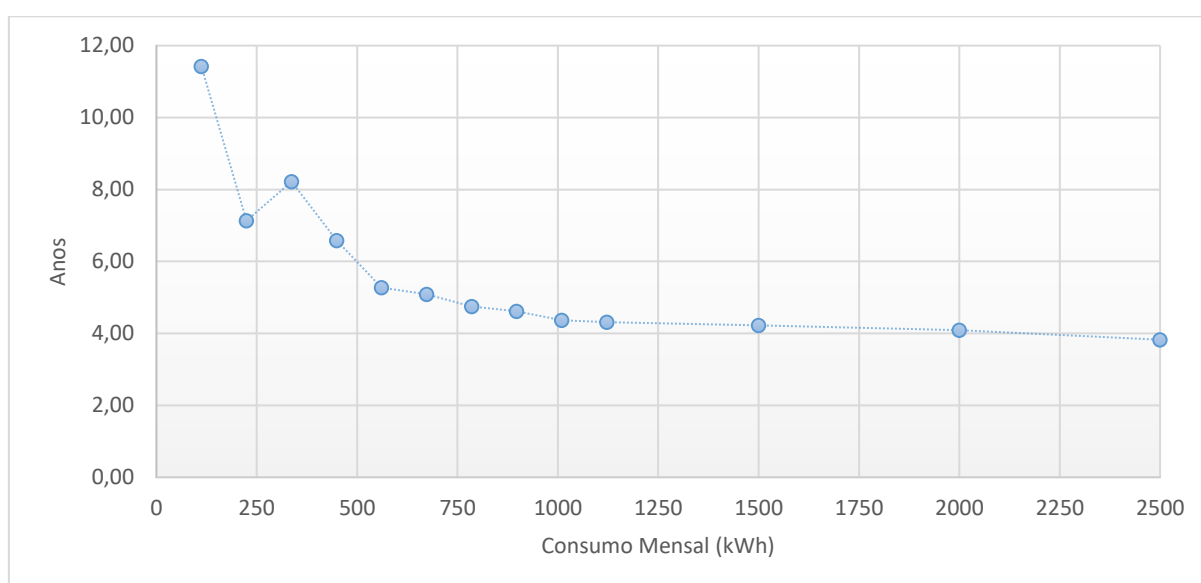
Tabela 22 – Variação do prazo de retorno das propostas.

Situação	Consumo Mensal (kWh)	<i>Payback</i> simples (anos)
Situação 1	112,19	11,42
Situação 2	224,38	7,13
Situação 3	336,57	8,22
Situação 4	448,76	6,58
Situação 5	560,95	5,28

Situação 6	673,14	5,09
Situação 7	785,33	4,75
Situação 8	897,52	4,61
Situação 9	1009,71	4,37
Situação 10	1121,90	4,32
Situação 11	1500,00	4,22
Situação 12	2000,00	4,09
Situação 13	2500,00	3,82

Fonte: Do autor, 2018.

Figura 26 – Gráfico de variação do prazo de retorno das propostas.



Fonte: Do autor, 2018.

4.5.3 Valor Presente Líquido

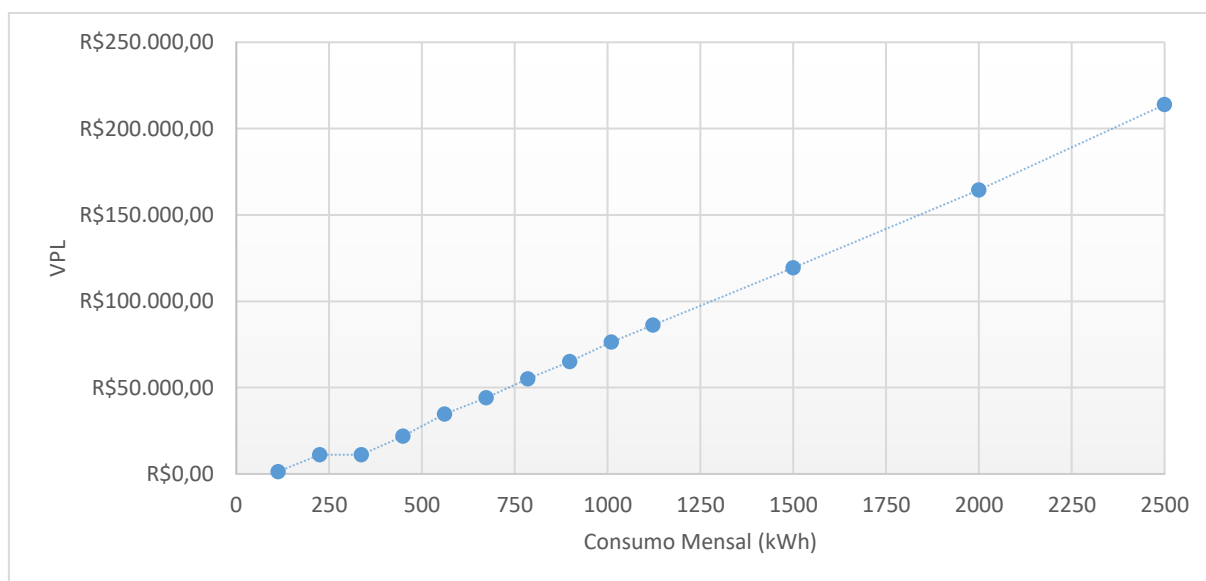
Utilizando-se a taxa de 5,73%, referente ao rendimento anual de uma aplicação na caderneta de poupança realizada no mês de abril do ano de 2017, para atualização do fluxo de caixa dos investimentos no tempo presente, foram obtidos distintos resultados para VPL das propostas. Todas as situações de cálculo retornaram valores positivos e crescentes, o que corresponde à viabilidade dos investimentos. Os resultados obtidos para Valor Presente Líquido nas análises são exibidos na Tabela 23 e, por meio de gráfico, na Figura 27.

Tabela 23 – Variação do Valor Presente Líquido das propostas.

Situação	Consumo Mensal (kWh)	Valor Presente Líquido
Situação 1	112,19	R\$1.337,48
Situação 2	224,38	R\$11.155,97
Situação 3	336,57	R\$11.109,25
Situação 4	448,76	R\$21.860,48
Situação 5	560,95	R\$34.656,14
Situação 6	673,14	R\$44.132,16
Situação 7	785,33	R\$55.004,12
Situação 8	897,52	R\$65.053,30
Situação 9	1009,71	R\$76.336,57
Situação 10	1121,90	R\$86.240,51
Situação 11	1500,00	R\$119.400,85
Situação 12	2000,00	R\$164.401,25
Situação 13	2500,00	R\$213.865,36

Fonte: Do autor, 2018.

Figura 27 – Gráfico de variação do VPL das propostas.



Fonte: Do autor, 2018.

4.5.4 Taxa Interna de Retorno

A viabilidade das aplicações de recursos é confirmada quando a Taxa Interna de Retorno supera a taxa mínima de atratividade, sendo, para a presente pesquisa, adotada a rentabilidade da caderneta de poupança para os últimos 12 meses: 5,73%. Os percentuais obtidos variam entre 7,23% – identificado na primeira simulação – e

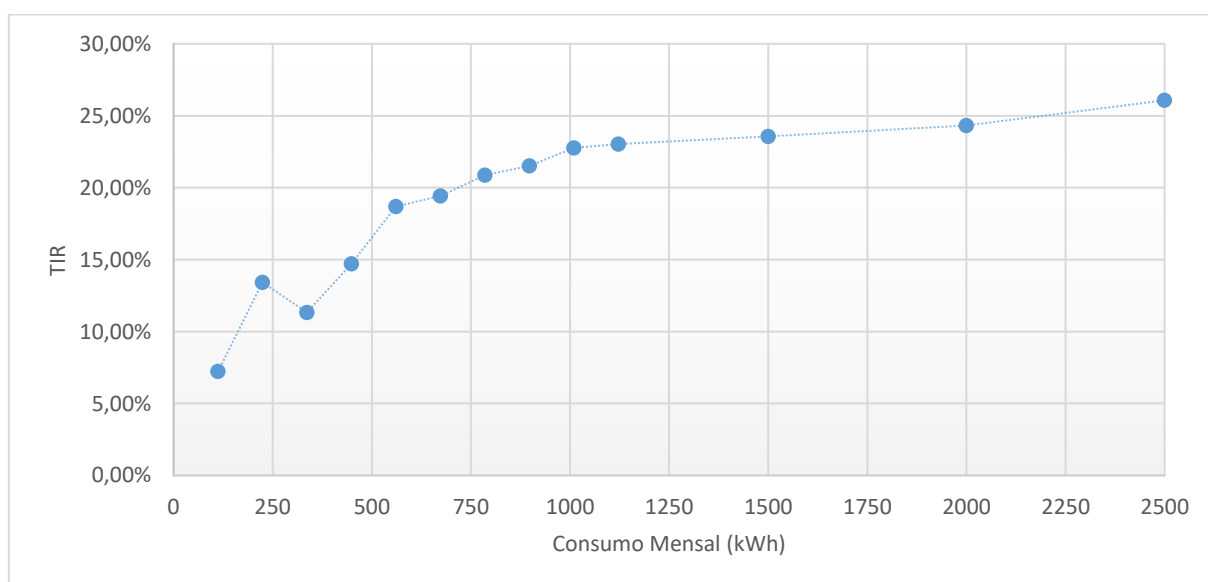
26,07%, que representa um retorno com alta viabilidade, alcançado na décima terceira situação. Os resultados obtidos para Taxa Interna de Retorno e o gráfico de variação nas situações estudadas são apresentados na Tabela 24 e na Figura 28.

Tabela 24 – Variação da Taxa Interna de Retorno das propostas.

Situação	Consumo Mensal (kWh)	Taxa Interna de Retorno
Situação 1	112,19	7,23%
Situação 2	224,38	13,42%
Situação 3	336,57	11,33%
Situação 4	448,76	14,70%
Situação 5	560,95	18,69%
Situação 6	673,14	19,43%
Situação 7	785,33	20,88%
Situação 8	897,52	21,52%
Situação 9	1009,71	22,77%
Situação 10	1121,90	23,04%
Situação 11	1500,00	23,56%
Situação 12	2000,00	24,32%
Situação 13	2500,00	26,07%

Fonte: Do autor, 2018.

Figura 28 – Gráfico de variação da TIR das propostas.



Fonte: Do autor, 2018.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo verificou o prazo de retorno e a viabilidade financeira para treze propostas de instalação de sistemas minigeradores de energia fotovoltaica *on-grid*, sendo as dez primeiras situações estimadas por meio do consumo energético mensal por habitante no município de Lajeado – RS, em residências que possuem de um a dez habitantes, e as três demais simuladas representando empreendimentos comerciais situados na mesma localidade.

Para todas as propostas verificadas, os valores calculados para *payback* simples, Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno mostram-se superiores aos prazos e taxas mínimas de atratividade. O prazo de retorno obtido para residências do município de Lajeado variou entre 11,42 e 4,32 anos, observando-se que os menores períodos de recuperação de capital investido foram alcançados em residências com maior consumo energético, situação também observada nos três empreendimentos comerciais simulados, de forma que o seu maior quantitativo de energia consumido mensalmente resultou em resultados mais atrativos à viabilidade da implantação. O crescimento da atratividade dos investimentos é percebido, por conseguinte, de forma constante, conforme o aumento na demanda energética do consumidor.

Conclui-se, portanto, que a viabilidade financeira para instalação de sistemas fotovoltaicos *on-grid* no município de Lajeado está diretamente relacionada com o consumo energético da edificação onde o projeto será instalado, de forma que os melhores resultados são obtidos em situações com maior demanda de energia

elétrica, em função da redução nos custos de instalação e na ampliação do capital mensalmente abatido no fluxo de caixa, após realizado o desconto referente à taxa básica cobrada pela distribuidora de energia.

Com o intuito de ampliar a atratividade dos investimentos em sistemas de energia solar, indica-se, para pequenos ou médios consumidores, a adoção de uma das três modalidades de geração energética e compensação de créditos criadas pela ANEEL, no ano de 2015, sendo elas: o empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, a geração compartilhada e o autoconsumo remoto. Utilizando-se os métodos de geração supracitados, é possível obter um custo menor por kWp de potência instalada no sistema, assim como o retorno do capital investido em um menor período de tempo, o que, por sua vez, implica direta e positivamente nos valores presentes e nas taxas de retorno das aplicações.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, M. C.; GARCÍA, F. S.; SILVA, J. P. **Energia Solar fotovoltaica**. Observatório de energias renováveis para América Latina e o Caribe, 2013. Disponível em: <<http://www.renenergyobservatory.org/br.html>>. Acesso em: 17 ago. 2017.
- ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Matriz de Energia Elétrica do Brasil**. 2017. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>. Acesso em: 12 set. 2017.
- _____. **Resolução Normativa nº. 482**, de 17 de abril de 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em 26 ago. 2017.
- _____. **Resolução Normativa nº. 687**, de 24 de novembro de 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2017.
- _____. **Resolução Normativa nº. 414**, de 9 de setembro de 2010. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>>. Acesso em 26 ago. 2017.
- _____. **Caderno Temático Micro e Minigeração Distribuída - 2ª edição**. 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 26 ago. 2017.
- _____. **Tarifas Residenciais**. 2018. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/dados/tarifas>>. Acesso em: 02 abr. 2018.
- _____. **ANEEL aprova tarifas da RGE Sul Distribuidora de Energia (RS)**. 2018. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/id/16482282>. Acesso em: 06 mai. 2018.
- BCB, Banco Central do Brasil. **Calculadora do Cidadão – Correção de valores - Poupança**. 2018. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=3>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

BRANDÃO, Roque Filipe Mesquita. Centrais fotovoltaicas para a microprodução. **Neutro à Terra**, p. 33-39, 2009.

BRASIL, Governo Federal do. **Lei Federal nº. 13.169**, de 06 out. 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13169.htm>. Acesso em: 07 out. 2017.

BRONZATTI, F. L.; IAROZINSKI NETO, A. Matrizes energéticas no Brasil: cenário 2010-2030. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 28, Rio de Janeiro: Abepro, 2008.

BRUNI, Adriano Leal; FAMÁ, Rubens; SIQUEIRA, José de Oliveira. Análise do risco na avaliação de projetos de investimento: Uma aplicação do método de Monte Carlo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v.1, n.6, 1998.

CABRAL, Isabelle de Souza; TORRES, Adriana Cazelgrandi; SENNA, Pedro Rocha. **Energia Solar – Análise comparativa entre Brasil e Alemanha**. 2013.

CABRAL, Isabelle de Souza; VIEIRA, Rafael. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. *In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*, 2012.

CAMPOS, Antônio Luiz P.S. *et al.* Investigação Experimental da Geração de Energia Solar Fotovoltaica. **Holos**, v. 3, p. 82-90, 2010.

CARNEIRO, Joaquim A. O. **Módulos fotovoltaicos**: Características e associações. Monografia, 2010.

CASTRO, Rui MG. **Introdução à energia fotovoltaica**. DEEC/Secção de Energia, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2007.

CONFAZ, Conselho Nacional de Política Fazendária. **Convênio ICMS nº. 101**, de 12 de dezembro de 1997. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1997/cv101_97>. Acesso em: 07 out. 2017.

_____. **Convênio ICMS nº. 16**, de 22 de abril de 2015. Disponível em: <https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016_15>. Acesso em 07 out. 2017.

CPFL Energia. **GED-13 – Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição**. 2018. Disponível em: <<http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-13.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

DO NASCIMENTO, Cássio Araújo. **Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras.

DUTRA, Ricardo Marques; SZKLO, Alexandre Salem. A energia eólica no Brasil: Proinfa e o novo modelo do Setor Elétrico. *In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Energia-CBE*. p. 842-868. 2006.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017 – Ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE, 2017.

_____. **Projeções da demanda de energia elétrica para o plano decenal de expansão de energia 2008-2017**. Rio de Janeiro: EPE, 2008.

ESPOSITO, Alexandre Siciliano; FUCHS, Paulo Gustavo. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro, n. 40, p. 85-113, 2013.

FEE, Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. **Estimativas populacionais do estado do Rio Grande do Sul**. 2016. Disponível em: <<https://www.fee.rs.gov.br/indicadores/populacao/estimativas-populacionais/>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

_____. **PIB per capita do Rio Grande do Sul**. 2016. Disponível em: <<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/pib-per-capita>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

_____. **Perfil socioeconômico do município de Lajeado**. 2016. Disponível em: <<https://www.fee.rs.gov.br/perfil-socioeconomico/municipios/detalhe/?municipio=Lajeado>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

FONTANA, Luís Eduardo. **Avaliação da eficiência energética de um sistema fotovoltaico na cidade de Lajeado, RS**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso.

FREITAS, Susana Sofia Alves. **Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos**. 2008. Tese de Doutorado. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e de Gestão.

GHENSEV, Almir. **Materiais e processos de fabricação de células fotovoltaicas**. Monografia, Universidade Federal de Lavras, 2006.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios da administração financeira**. 12 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia, meio ambiente e desenvolvimento**, 2008.

GOMES, V. P. R. G.; CAMIOTO, F. C. Análise de viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia fotovoltaico nas residências uberabenses. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção: Contribuições da**

Engenharia de Produção para Melhores Práticas de Gestão e Modernização do Brasil. 2016

HERMANN, Leandro Dani; CAMARA, Inara Pagnussat. Viabilidade de implantação de mini-usina de energia solar para o Campus Santo Ângelo/RS. **Revista de Ciência e Inovação**, v. 1, n. 1, 2016.

KAUFMANN, Gustavo Vinícius. **Avaliação do potencial de geração solar fotovoltaica e análise em tempo real da operação de um painel fotovoltaico instalado na cidade de Lajeado/RS**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso.

LANDEIRA, Juan Lourenço Fandino. **Análise técnico-econômica sobre a viabilidade de implantação de sistemas de geração fotovoltaica distribuída no Brasil**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.

LINDEMEYER, Ricardo Matsukura. **Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica**. Trabalho de Conclusão de Curso de Administração, UFSC, 2008.

LONGO, Mateus. **Análise da produção de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos ligados a rede instalados na cidade de Lajeado/RS**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso.

LOSSIO, Bruno Rodrigues Martins. **Diagnóstico de um dado sistema fotovoltaico aplicado à região do Lago Sul – DF considerando os aspectos técnicos, econômicos e de políticas públicas**. 2015.

MACEDO, Joel de Jesus. **Análise de projeto e orçamento empresarial**. Curitiba: InterSaberes, 2014.

MACÊDO, Wilson Negrão. **Análise do fator de dimensionamento do inversor aplicado a sistemas fotovoltaicos conectados à rede**. Tese de Doutorado. Orientador Prof. Dr. Zilles, R. Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, 2006.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2014.

MAIA, Rian Sardinha. **Energia solar: o desenvolvimento de um novo mercado**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno; ECHER, MP de S. Levantamento dos recursos de energia solar no Brasil com o emprego de satélite geoestacionário – o Projeto Swera. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 145-159, 2004.

MDA, Ministério da Agricultura. **Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF ECO)**. 2014. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/tags/pronaf-eco>>. Acesso em: 07 out. 2017.

MME, Ministério de Minas e Energia. **Decreto nº. 5.025**, de 30 de março de 2004. 2004. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5025.htm>. Acesso em: 20 set. 2017.

_____. **Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD)**. 2015. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/>>. Acesso em: 07 out. 2017.

OLIVEIRA, Maurício Madeira. **Análise do desempenho de um gerador fotovoltaico com seguidor solar azimutal**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

ORDOÑEZ, Ramona. **Energia solar cresceu 70% em dois anos**. Rio de Janeiro: O Globo, 2017. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/energia-solar-cresceu-70-em-dois-anos-20715504>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

OYARZO, Elio Javier Oyarzún; MANCILLA, Rodrigo Alejandro Silva. **Aplicaciones de Las Energías Renovables em la Región de Magallanes**. Tesis de Ingeniería Eléctrica, UMAG, 2006.

PORTAL SOLAR. **Energia fotovoltaica**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

_____. **Simulador solar**. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

RGE SUL, Rio Grande Energia Sul. **NTD-014 – Conexão de Minigeração e Microgeração Distribuída**. 2017. Disponível em: <<https://www.rgesul.com.br/atendimento-a-consumidores/orientacoes-tecnicas/publicacoes-tecnicas/normasrgesul/NTD%20014%20-%20Norma%20de%20Acesso%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribuida%20em%20revis%C3%A3o%20V2.2.pdf>>. Acesso em: 02 jun. 2018.

SEFAZ RS, Secretaria da Fazenda do Estado do Rio Grande do Sul. **Decreto Estadual nº. 52.964**, de 30 de março de 2016. Disponível em: <<http://www.legislacao.sefaz.rs.gov.br/Site/Document.aspx?inpKey=246820&inpCodDispositive=&inpDsKeywords=>>>. Acesso em: 07 out. 2017.

SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, M. A. G. de; CAMARGO, I. M. de T. Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais. *In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético (V CBPE)*. Brasília. 2006.

SIGNOR, Régis *et al.* **Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 capitais brasileiras**, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

SILVA, Helder Henri *et al.* Geração fotovoltaica distribuída: Estudo de caso para consumidores residenciais de Salvador – BA. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 5, n. 1, 2016.

SOUZA, D. A.; SILVA, Gilmara Emanuelle. Estudo da viabilidade de implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica na instituição de ensino Doctum de Caratinga. *In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*. Fortaleza. Ceará: CREA. 2015.

TIBA, C *et al.* **Atlas Solarimétrico do Brasil**: banco de dados terrestres. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2001.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Conversor eletrônico de potência trifásico para sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica**. 2010.

VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. São Paulo: Érica, 2012.

WERLANG, Ana Beatriz Carvalho. **Uma análise da relação entre o consumo de energia elétrica e o crescimento econômico no mundo**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ZANOTTO, Gilso. **Estudo de implementação para sistema de microgeração fotovoltaica residencial**. 2014.

ANEXOS

ANEXO A – Formulário para registro de micro e minigeração.

FORMULÁRIO PARA REGISTRO DA SOLICITAÇÃO			
INFORMAÇÕES DO RESPONSÁVEL TÉCNICO			
RESPONSÁVEL TÉCNICO			
Nº ART		Nº CREA	
INFORMAÇÕES PARA CADASTRO			
INFORMAÇÕES DO TITULAR		INFORMAÇÕES DA USINA	
NUC		MUNICÍPIO	
CLIENTE		ENDEREÇO	
CPF/CNPJ		CEP	
EMAIL		SUBGRUPO	
TELEFONE		CLASSE	
COMPARTILHAMENTO DE CRÉDITOS		TENSÃO DE CONEXÃO	
QTD DE UCs QUE RECEBEM CRÉDITOS		CLASSIFICAÇÃO USINA	
EM CASO DO CLIENTE SER UMA PESSOA JURÍDICA		CPF DO RESPONSÁVEL	
		NOME DO RESPONSÁVEL	
DADOS DOS GERADORES			
PREENCHER OS DADOS DE ACORDO COM A CLASSIFICAÇÃO DA USINA			
UFV - USINA FOTOVOLTÁICA	MÓDULOS	QUANTIDADE	
		FABRICANTE	
		MODELO	
		POTÊNCIA TOTAL (kW)	
	INVERSORES	QUANTIDADE	
		FABRICANTE	
		MODELO	
		POTÊNCIA TOTAL (kW)	
EOL - USINA EÓLICA	AEROGERADOR	EIXO DO ROTOR	
		ALTURA DA PÁ (m)	
		FABRICANTE	
		MODELO	
	INVERSORES	POTÊNCIA	
		QUANTIDADE	
		FABRICANTE	
		MODELO	
CGH - CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA	RIO	POTÊNCIA TOTAL (kW)	
		RIO	
		BACIA	
	GERADOR	SUBACIA	
UTE - USINA TERMELÉTRICA	GERADOR	POTÊNCIA INSTALADA (kW)	
		POTÊNCIA APARENTE (kVA)	
		FATOR DE POTÊNCIA	
		POTÊNCIA INSTALADA(kW)	
		FONTE	
		MÁQUINA MOTRIZ	
CICLO TERMODINÂMICO			
É OBRIGATÓRIO O PREENCHIMENTO DESTE FORMULÁRIO			
RESPONSÁVEL TÉCNICO		DATA E LOCAL	

ANEXO B – Formulário de solicitação de acesso para microgeração distribuída com potência inferior a 10kW.

FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA INFERIOR A 10 kW		
1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC		
Código da UC:	Classe:	
Titular da UC:		
Rua/Av.:	Nº:	CEP:
Bairro:	Cidade:	
E-mail:		
Telefone: ()	Celular: ()	
CNPJ/CPF:		
2 - Dados da Unidade Consumidora		
Carga Instalada (KW):	Tensão de atendimento (V):	
Tipo de conexão:	<input type="checkbox"/> monofásica <input type="checkbox"/> bifásica <input type="checkbox"/> trifásica	
3 - Dados da Geração		
Potência instalada de geração (KW):		
Tipo da Fonte de Geração: <input type="checkbox"/> Hidráulica <input type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/> Outra (especificar):		
4 - Documentação a Ser Anexada		
1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração.		<input type="checkbox"/>
2. Diagrama unifilar contemplando Geração/Proteção (inversor, se for o caso)/Medição e memorial descritivo da instalação.		<input type="checkbox"/>
3. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão normal de conexão com a rede.		<input type="checkbox"/>
4. Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/sgc		<input type="checkbox"/>
5. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012.		<input type="checkbox"/>
6. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver).		<input type="checkbox"/>
7. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver).		<input type="checkbox"/>
5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)		
Responsável/Área:		
Endereço:		
Telefone: ()		
E-mail:		
6 - Solicitante		
Nome/Procurador Legal:		
Telefone: ()		
E-mail:		
_____	/ /	_____
Local	Data	Assinatura do Responsável

ANEXO C – Formulário de solicitação de acesso para microgeração distribuída com potência superior a 10kW.

FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA SUPERIOR A 10 kW		
1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC		
Código da UC:	Classe:	
Titular da UC:		
Rua/Av.:	Nº:	CEP:
Bairro:	Cidade:	
E-mail:		
Telefone: ()	Celular: ()	
CNPJ/CPF:		
2 - Dados da Unidade Consumidora		
Potência Instalada (KW):	Tensão de atendimento (V):	
Tipo de conexão:	<input type="checkbox"/> monofásica <input type="checkbox"/> bifásica <input type="checkbox"/> trifásica	
Tipo de ramal:	<input type="checkbox"/> aéreo <input type="checkbox"/> subterrâneo	
3 - Dados da Geração		
Potência instalada de geração (KW):		
Tipo da Fonte de Geração:	<input type="checkbox"/> Hidráulica <input type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/> Outra (especificar):	
4 - Documentação a Ser Anexada		
1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração.		<input type="checkbox"/>
2. Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo.		<input type="checkbox"/>
3. Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção.		<input type="checkbox"/>
4. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão normal de conexão com a rede.		<input type="checkbox"/>
5. Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/sgc		<input type="checkbox"/>
6. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012.		<input type="checkbox"/>
7. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver).		<input type="checkbox"/>
8. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver).		<input type="checkbox"/>
5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)		
Responsável/Área:		
Endereço:		
Telefone: ()		
E-mail:		
6 - Solicitante		
Nome/Procurador Legal:		
Telefone: ()		
E-mail:		
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end; margin-top: 20px;"> <div style="border-top: 1px solid black; width: 30%; text-align: center;">Local</div> <div style="border-top: 1px solid black; width: 10%; text-align: center;">/</div> <div style="border-top: 1px solid black; width: 10%; text-align: center;">/</div> <div style="border-top: 1px solid black; width: 30%; text-align: center;">Data</div> <div style="border-top: 1px solid black; width: 20%; text-align: center;">Assinatura do Responsável</div> </div>		



UNIVATES

R. Avelino Tallini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95900.000 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09